



TESIS - PM147501

**APLIKASI *INTEGER PROGRAMMING* UNTUK
OPTIMASI *LINE BALANCING* SEBAGAI FUNGSI
OUTPUT PADA INDUSTRI PEMBUATAN *BOGIE*
*CARSET***

**MUHAMMAD ZAINUDDIN FATHONI
9115201319**

**Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswanto, ST., MSIE, PhD**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

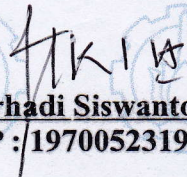
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD ZAINUDDIN FATHONI
NRP. 9115201319

Tanggal Ujian : 19 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017


Disetujui oleh :


1. **Nurhadi Siswanto, ST, MSIE, PhD**
NIP : 197005231996011001

(Pembimbing)


2. **Dr. Dyah Santhi Dewi, ST, MEngSc**
NIP : 197208251998022001

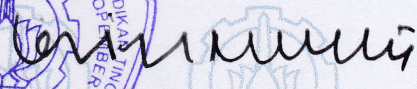
(Penguji)


3. **Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, MSc**
NIP : 195904301989031001

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi




Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng.Sc
NIP. 19590318 198701 1 001

APLIKASI *INTEGER PROGRAMMING* UNTUK OPTIMASI *LINE*
BALANCING SEBAGAI FUNGSI OUTPUT PADA INDUSTRI PEMBUATAN
BOGIE CARSET

Nama Mahasiswa : Muhammad Zainuddin Fathoni
NRP : 9115201319
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, ST., MSIE, PhD

ABSTRAK

PT. BI merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan *bogie carset*. Pada perusahaan tersebut setiap kegiatan kerja tidak memiliki waktu operasi yang sama dan belum terdapat standar waktu untuk setiap proses operasinya. Oleh karena itu sering terjadi ketidak-seimbangan pada setiap stasiun kerja. Hal ini apabila berlangsung terus menerus dapat menyebabkan lintasan produksi yang tidak efektif dan efisien. Penentuan output produksi yang tidak direncanakan dengan baik dan hanya berdasarkan coba-coba turut juga menentukan rendahnya efisiensi lintasan.

Suatu program matematis *integer programming* akan dimanfaatkan untuk menentukan penempatan kegiatan-kegiatan pada masing-masing stasiun kerja dan untuk menentukan output optimal yang mampu meningkatkan efisiensi lintasan. Teknik ini akan diaplikasikan dengan mengambil sebuah contoh produk dari perusahaan yang diteliti.

Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi waktu sebesar 25,81 menit dalam proses *line balancing* pengerjaan *side frame*, Sedangkan untuk proses *line balancing* pengerjaan *bolster* terdapat efisiensi waktu sebesar 1.745,9 menit. Jumlah *output* maksimal untuk produk *side frame* adalah sebesar 49 unit/minggu sementara jumlah *output* produk *bolster* adalah sebesar 29 unit/minggu.

Kata Kunci : Keseimbangan lintasan, efisiensi lintasan, proses produksi, waktu baku, *integer programming*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

APPLICATION OF INTEGER PROGRAMMING FOR OPTIMIZING LINE BALANCING AS OUTPUT FUNCTION IN BOGIE CARSET MAKING INDUSTRY

Name : Muhammad Zainuddin Fathoni
NRP : 9115201319
Advisor : Nurhadi Siswanto, ST., MSIE, PhD

ABSTRACT

PT. BI is a company engaged in the manufacture of bogie carset. At the company each work activity does not have the same operating time and there is no standard time for each operation process. Therefore there is often an imbalance in each work station. This if ongoing can lead to ineffective and efficient production trajectory. Determination of production output is not well planned and only based on trial and error also determine the low efficiency of the track.

An integer programming mathematical program will be used to determine the placement of activities on each work station and to determine the optimal output that can improve the efficiency of the track. This technique will be applied by taking a sample product from the company under study.

From the research results obtained time efficiency of 25.81 minutes in the process of line balancing side frame product, While for the process of bolster product line balancing there is a time efficiency of 1.745.9 minutes. The maximum amount of output for side-frame products is 49 units/week, while the total number of bolster products is 29 units/week.

Keywords: Line balancing, line efficiency, production process, standart time,
integer programming

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Semoga dapat berguna bagi pembaca.

Pada kesempatan ini pula, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Nurhadi Siswanto, ST., MSIE, PhD, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, Msc(Eng), selaku Kepala Departemen Manajemen Teknologi.
3. Bapak/Ibu dosen MMT ITS yang telah memberikan banyak ilmu, serta segenap karyawan/karyawati yang juga turut serta membantu keberlangsungan kegiatan kuliah.
4. Seluruh keluarga, Kedua orang tua, istri dan anak kami atas dukungan semangat dan doa-doanya.
5. Rekan-rekan di PT. BI yang banyak membantu dalam pengambilan data untuk penelitian ini.
6. Semua teman-teman MMT ITS jurusan Manajemen Industri angkatan 2015 yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas persahabatannya.
7. Serta semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam proses penyusunan tesis ini.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyajian tesis, oleh karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan dari semua pihak tanpa terkecuali sebagai masukan dalam penyempurnaan penyusunan selanjutnya.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

JUDUL PENELITIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	5
1.3 Tujuan penelitian	5
1.4 Manfaat penelitian	5
1.5 Batasan penelitian	6
1.6 Asumsi yang digunakan	6
1.7 Sistematika penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Proses produksi	9
2.1.1 Struktur aliran proses	9
2.2 Proses perakitan	10
2.2.1 <i>Assembly line</i>	10
2.2.2 <i>Assembly line balancing</i>	10
2.2.3 Macam-macam metode penyeimbangan lintasan	12
2.2.4 Urutan dalam proses <i>line balancing</i>	13
2.3 Teknik Pengukuran waktu kerja (<i>time study</i>)	14

2.3.1	Definisi Teknik Pengukuran waktu kerja (<i>Time study</i>)	14
2.3.2	Langkah Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti (<i>Stop Watch</i>)	14
2.3.3	Uji keseragaman data	17
2.3.4	Uji kecukupan data	18
2.3.5	Penetapan <i>performance rating</i> pekerjaan	18
2.3.6	Penetapan waktu normal	20
2.3.7	Penetapan waktu longgar	20
2.3.8	Waktu baku	20
2.4	Linear programming	21
2.4.1	Metoda progama linier	21
2.4.2	Formulasi model linear pogramming	22
2.4.3	Model matematis	22
2.5	<i>Integer programming</i>	23
2.6	Penelitian terdahulu	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Diagram alir metode penelitian	27
3.2	Survey awal	27
3.3	Pengumpulan data	29
3.3.1	Data primer	29
3.3.2	Data sekunder	29
3.4	Studi pustaka	29
3.5	Pengolahan data	29
3.6	Analisa data dan pembuatan model	30
3.7	Membuat persamaan matematis untuk <i>line balancing</i>	31
3.7.1	Formulasi Fungsi Tujuan	31
3.7.2	Formulasi Fungsi Pembatas	31
3.8	Kesimpulan dan saran	32
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		33
4.1	Data Penelitian	33
4.2	Data Pengukuran <i>Time study</i>	35
4.3	Analisa keseragaman data	40

4.4 Analisa Kecukupan Data	41
4.5 <i>Performance Rating</i>	42
4.6 Waktu Normal	42
4.7 Waktu Longgar (<i>Allowance</i>)	43
4.8 Waktu Baku (<i>Standart Time</i>)	43
4.9 Analisa <i>Line Balancing</i>	43
4.9.1 Waktu siklus (<i>Cycle time</i>)	43
BAB 5 PERMODELAN DAN ANALISA HASIL	47
5.1 Mencari nilai waktu total minimum produk <i>side frame</i>	47
5.1.1 Fungsi tujuan	47
5.1.2 Fungsi pembatas waktu siklus	47
5.1.3 Fungsi pembatas proses	48
5.1.4 Fungsi keterkaitan antar proses	48
5.1.5 Fungsi pembatas biner	51
5.2 Mencari nilai waktu total minimum produk <i>side bolster</i>	51
5.2.1 Fungsi tujuan	51
5.2.2 Fungsi pembatas waktu siklus	51
5.2.3 Fungsi pembatas proses	52
5.2.4 Fungsi keterkaitan antar kegiatan	52
5.2.5 Fungsi pembatas biner	55
5.3 Mencari jumlah <i>output</i> maksimal produk <i>side frame</i>	55
5.4 Mencari jumlah <i>output</i> maksimal produk <i>bolster</i>	56
5.5 Hasil analisa	57
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	61
6.1 Kesimpulan	61
6.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65
BIOGRAFI PENULIS	88

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Bogie carset</i>	2
Gambar 1.2 <i>Bogie carset component</i>	3
Gambar 2.1 Contoh <i>Operation Process Chart</i>	12
Gambar 2.2 Langkah-langkah pengukuran kerja	16
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian	28
Gambar 4.1 <i>Operation Process Chart</i> pengerjaan <i>bogie carset</i>	34
Gambar 4.2 <i>Ploting</i> data kegiatan 0501 pada peta kendali	41

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data proses pembuatan produk <i>bogie carset</i>	3
Tabel 2.1 <i>Performance Rating Index</i>	19
Tabel 2.2 Posisi penelitian	24
Tabel 4.1 Urutan aktifitas pengerjaan <i>Side frame</i>	35
Tabel 4.2 Urutan aktifitas pengerjaan <i>Bolster</i>	37
Tabel 4.3 Jumlah permintaan produk.....	44
Tabel 4.4 Jadwal waktu kerja shift.....	44
Tabel 4.5 <i>Cycle time</i> proses pengerjaan <i>side frame</i>	45
Tabel 4.6 <i>Cycle time</i> proses pengerjaan <i>bolster</i>	46
Tabel 5.1 Hasil analisis jumlah produksi 12 <i>carset</i>	57

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data pengukuran waktu proses pengerjaan <i>side frame</i>	67
Lampiran 2 Data perhitungan waktu proses pengerjaan <i>side frame</i>	69
Lampiran 3 Data pengukuran waktu proses pengerjaan <i>bolster</i>	71
Lampiran 4 Data perhitungan waktu proses pengerjaan <i>bolster</i>	75
Lampiran 5 Data penilaian <i>performance rating</i> masing–masing proses produksi	77
Lampiran 6 Hasil <i>running software</i> proses optimasi	78

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan industri manufaktur yang begitu pesat menuntut perusahaan untuk terus bertahan dan berkembang. Perusahaan yang mampu bertahan dan berkembang dengan baik pasti dapat meningkatkan keunggulan persaingan di dunia industri. Oleh karena itu, perusahaan harus memiliki manajemen operasi yang efektif dalam menentukan jumlah pekerja dan keseimbangan pekerjaan dilihat dari faktor kinerja *manpower* dan faktor efisiensi waktu proses produksi agar tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya yang dapat merugikan perusahaan sehingga perusahaan dapat mencapai tingkat produksi yang diharapkan.

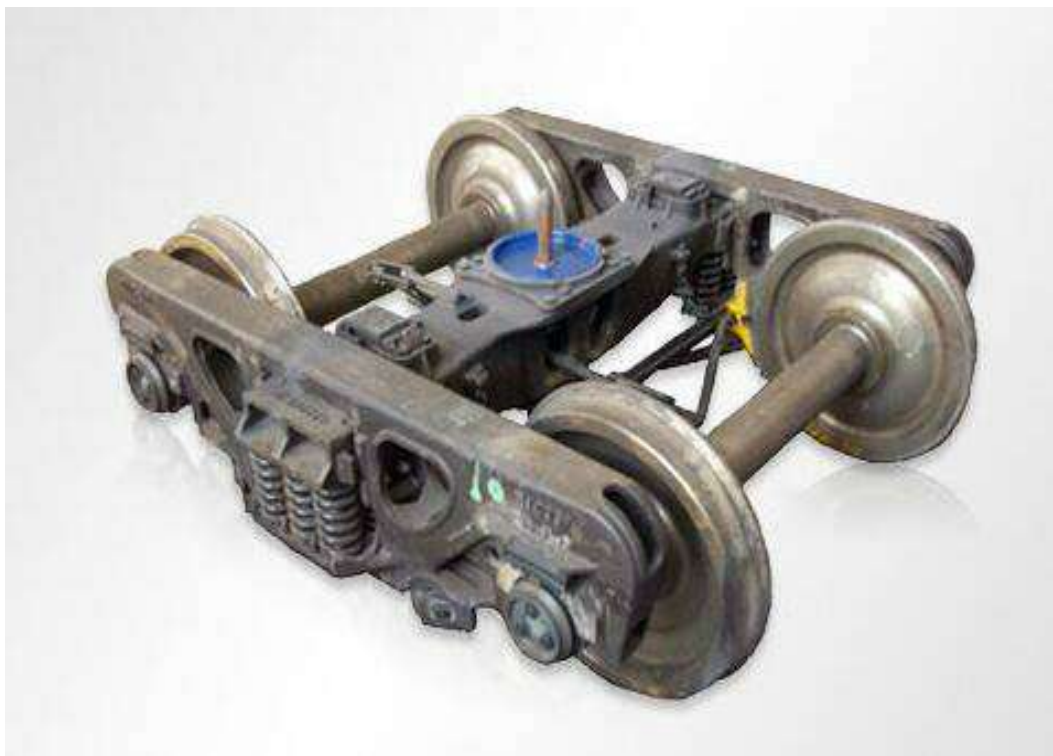
Salah satu elemen dari sistem industri adalah proses manufaktur (*manufacturer process*), didalam proses manufaktur terdapat proses permesinan (*machining process*) dan proses perakitan (*assembly process*). Salah satu ciri utama dari proses manufaktur adalah adanya stasiun-stasiun kerja (*work station*), dimana bagian-bagian dari produk diproses dan dirakit melalui beberapa stasiun-stasiun kerja yang telah dirancang mengikuti urutan pekerjaan yang ada. Dengan perubahan persediaan dan kebutuhan yang cepat dibutuhkan fleksibilitas yang tinggi dari stasiun-stasiun kerja untuk dapat berubah dan menyesuaikan diri.

Penelitian ini dilakukan pada PT. BI, yaitu perusahaan BUMN yang divisi pengecorannya memegang sertifikat AAR (*American Association of Railroad*) dan sertifikat AAR ini adalah sertifikat resmi dari Amerika khusus untuk produk-produk pendukung perkereta-apian yang masuk di Amerika. Dengan sertifikat tersebut, produk perkereta-apian yang dihasilkan oleh PT. BI bisa diterima oleh pasar Amerika dengan mudah karena telah memenuhi standar baku yang ditentukan.

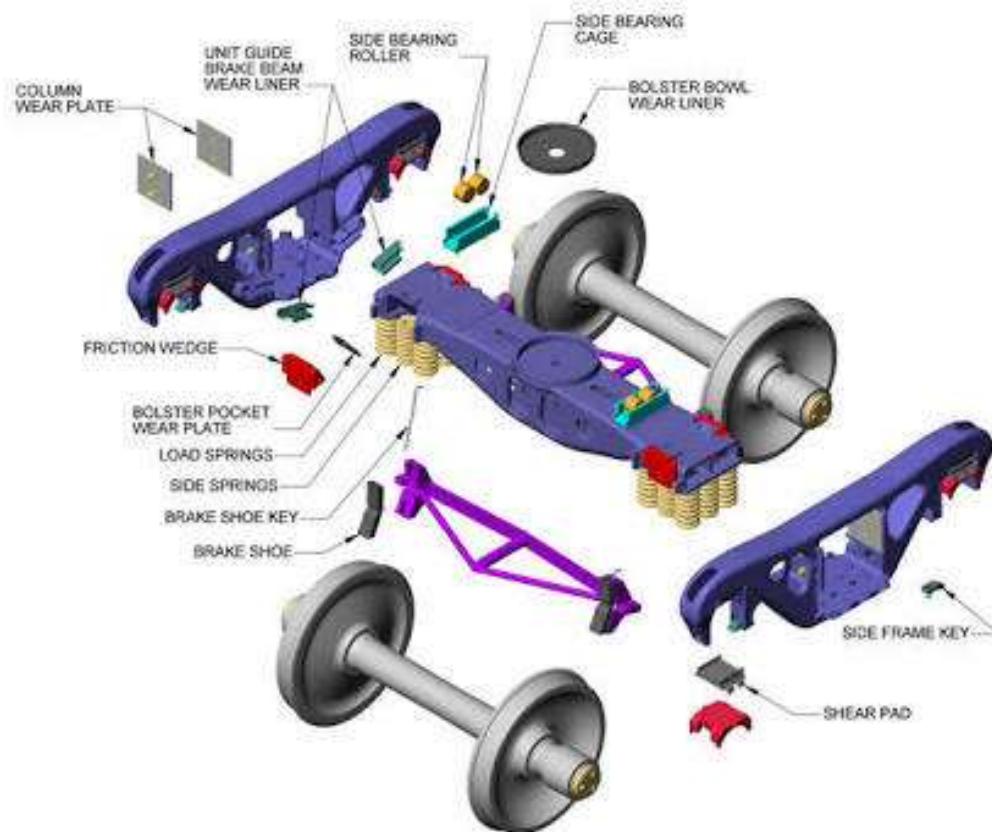
Bekerja sama dengan *Standard Car Truck, Co* (SCT), diharapkan produk *foundry* PT BI khususnya untuk *bogie carset* (yang terdiri dari 1 *bolster* dan 2 *side frame*) bisa dikenal lebih luas di pasar luar negeri mengingat peluang pasar untuk

produk tersebut masih sangat besar. PT. BI untuk terus berupaya keras memenuhi target produksi agar pesanan bisa dipenuhi sesuai kontrak. Klasifikasi permintaan yang diminta SCT sifatnya deterministik, yaitu permintaan nya relatif tidak berfluktuatif sehingga dapat diramalkan secara akurat.

Produk dari perusahaan ini yang akan dijadikan contoh dalam permodelan adalah *bogie carset* yaitu pendukung rangka dasar dari badan kereta atau suatu komponen tempat meletakkan gerbong kereta di atasnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.



Gambar 1.1 *Bogie carset*



Gambar 1.2 *Bogie carset component*

Dari pengamatan yang telah dilakukan pada PT. BI, masih didapatkan proses operasi yang menunggu di salah satu unit proses yang menyebabkan adanya *imbalance* proses produksi. Ketidakseimbangan ini terjadi dikarenakan proses produksi masih tergantung pada *tools* atau *machine* yang digunakan dan kondisi operator, tanpa adanya waktu baku yang pasti tentang setiap proses operasi. Dari tabel 1.1 terlihat bahwa hampir semua *step* proses pembuatan produk *bogie carset* terdapat perbedaan jumlah *output* produk yang mengakibatkan terjadinya waktu tunggu untuk proses selanjutnya. Apabila keadaan seperti ini dibiarkan, maka proses kerja yang dilakukan tidak terkendali dan bisa mengakibatkan lintasan produksi yang tidak optimal.

Tabel 1.1 Data Proses Pembuatan Produk *bogie carset*

No	Proses	Jumlah produk/minggu		
		Side frame	bolster	Total
1	<i>Pouring</i>	32	16	48
2	<i>Cooling</i>	20	10	30
3	<i>Shake Out</i>	24	12	36

Tabel 1.1 Data Proses Pembuatan Produk *bogie carset* (lanjutan)

No	Proses	Jumlah produk/minggu		
		Side frame	bolster	Total
4	<i>Shot Blast 1</i>	24	12	36
5	<i>Potong (fetting)</i>	24	12	36
6	<i>Swing grinding</i>	32	16	48
7	<i>MPI 1 (Hand grinding)</i>	43	22	65
8	<i>Heat treatment</i>	34	18	52
9	<i>Shot Blast 2</i>	35	19	54
10	<i>MPI 2 (Repair)</i>	23	12	35
11	<i>Machining bolster only</i>	0	21	21
12	<i>Jig + QC</i>	24	12	36
13	<i>Assembling Component</i>	36	16	52
14	<i>Inspection</i>	48	24	72
15	<i>Painting</i>	48	24	72
16	<i>Packing</i>	48	24	72

Sumber: PT. BI

Pada penelitian ini, pendekatan yang digunakan untuk menganalisa keseimbangan lintasan produk adalah dengan menggunakan metode *binary integer programming*. Penggunaan metode *binary integer programming* ini dilakukan karena variabel keputusan pada persoalan ini tidak dapat dinilai dalam bentuk pecahan. *Binary integer programming* adalah sebuah model penyelesaian matematis yang memungkinkan hasil penyelesaian kasus yang berupa bilangan pecahan diubah menjadi bilangan biner (0 dan 1), sehingga didapatkan solusi yang optimal.

Penelitian ini diharapkan akan dapat dipakai oleh pihak manajemen sebagai acuan untuk meningkatkan efisiensi lintasan produksi terutama dalam menentukan waktu baku setiap operasi kerja, sehingga operasi kerja jadi lebih terkontrol dan teratur. Dengan diketahuinya waktu baku dari setiap operasi, maka semakin mudah bagi pihak manajemen untuk mengontrol produktivitas kerja sumber daya manusia yang ada. Mengingat pentingnya keseimbangan lintasan (*line balancing*) dalam suatu industri, maka sudah selayaknya keseimbangan lintasan tersebut diperhatikan oleh pihak manajemen perusahaan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang masalah diatas, dalam penelitian ini kami merumuskan persoalan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana menguraikan rincian pekerjaan (*activity*) pembuatan *bogie carset* (1 *bolster* dan 2 *side frame*) beserta urutan prosesnya.
2. Bagaimana menentukan waktu standard untuk masing-masing aktifitas.
3. Bagaimana merancang model *programming* untuk menentukan waktu siklus minimum kegiatan-kegiatan kerja pada proses pembuatan *bogie carset*.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui dan menganalisa rincian pekerjaan pembuatan *bogie carset* (1 *bolster* dan 2 *side frame*) beserta urutan prosesnya.
2. Mengetahui dan menganalisa waktu standard untuk masing-masing aktifitas.
3. Merancang model *programming* untuk menentukan waktu siklus minimum kegiatan-kegiatan kerja pada proses pembuatan *bogie carset*.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari diadakannya penelitian ini adalah untuk mendesain persamaan *programming* guna menempatkan aktifitas-aktifitas dalam stasiun-stasiun kerja yang menghasilkan efisiensi tertinggi pada proses pembuatan *bogie carset* agar didapatkan model stasiun kerja yang cepat dan akurat. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi perubahan yang cepat atas kebutuhan pesanan *bogie carset* tersebut.

Selain itu, penelitian yang dilakukan ini semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca atau pihak-pihak lain yang berkepentingan, terutama bagi penulis sendiri.

1. Manfaat akademis

Penelitian ini erat hubungannya dengan mata kuliah Manajemen Operasi, Manajemen Kualitas dan Reliabilitas, Manajemen Rantai Pasok, sehingga dengan melakukan penelitian ini diharapkan penulis dan semua pihak yang berkepentingan dapat lebih memahaminya.

2. Manfaat dalam implementasi atau praktik

Penelitian ini menfokuskan kepada PT. BI sebagai objek penelitian, sehingga diharapkan para pengambil kebijakan dalam perusahaan maupun pihak-pihak lain yang berkepentingan dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan.

1.5 BATASAN PENELITIAN

Mengingat begitu luasnya ruang lingkup dan permasalahan terkait yang harus diselesaikan pada penelitian ini, untuk itu perlu adanya batasan masalah agar penelitian ini lebih terfokus dan tidak melebar. Batasan masalah yang dipakai pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan pada produk *bogie carset (1 bolster & 2 side frame)*.
2. Penelitian yang dilakukan dimulai pada proses *pouring* sampai *packing*.
3. Data penelitian yang digunakan adalah data pekerjaan yang masuk pada tahun 2015, baik data primer maupun data sekunder, yang dikerjakan sampai april 2017.

1.6 ASUMSI YANG DIGUNAKAN

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Tenaga kerja yang diambil data waktu aktifitas nya bekerja secara normal.
2. Tidak adanya keterlambatan kedatangan material.
3. Tidak ada penambahan atau pengurangan mesin selama proses penelitian berlangsung dan jumlah, jenis, serta urutan tiap *job* diketahui secara pasti.
4. Waktu yang digunakan sebagai waktu standard adalah waktu rata-rata dalam pengamatan.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Pada penelitian ini sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, yang menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, yang berisi uraian tentang landasan-landasan teori yang berkaitan dengan penelitian yang diambil dan model analisis yang menggambarkan hubungan antara keputusan dan hasil analisis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, yang menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: survey awal, perumusan masalah, pengumpulan data, studi pustaka, pengolahan data yang meliputi analisis kualitas dan kecukupan data, analisa data, pembuatan model simulasi dengan metode *programming* yang dipilih.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA, bab ini mengemukakan urutan dalam proses pengumpulan dan pengolahan data, serta menunjukkan hasil-hasil yang diperoleh dari proses pengolahan data dan dibahas dengan cara membandingkan antara satu dengan yang lainnya.

BAB V PERMODELAN DAN ANALISA HASIL, bab ini mengemukakan hasil akhir yang diperoleh dari proses pengolahan data menggunakan perangkat *software* LINDO.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN, bab ini memaparkan kesimpulan-kesimpulan yang merupakan jawaban permasalahan dari hasil penelitian yang dianalisis serta diberikan saran-saran yang menunjang, baik bagi pembaca maupun pihak-pihak yang berkepentingan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PROSES PRODUKSI

Dalam setiap fungsi bisnis, proses produksi memegang salah satu peranan utama selain *marketing* dan *product development*. Proses produksi bertanggung jawab atas pemilihan dan perancangan proses bagaimana produk diproduksi. Proses produksi yang ada harus responsif terhadap perubahan kebutuhan pelanggan dan dinamika inovasi teknologi.

2.1.1 Struktur Aliran Proses

Struktur aliran proses (*process flow structure*) adalah bagaimana industri mengorganisasi aliran material menggunakan satu atau lebih proses teknologi yang dimiliki. Hayes dan Wheelwright mengidentifikasi empat sistem struktur aliran proses utama.

- *Job Shop*

Proses produksi pada batch dengan jumlah yang sedikit dengan beraneka ragam produk yang berbeda. Kebanyakan diantaranya memiliki urutan kerja dan tipe yang berbeda. Industri pesawat terbang serta galangan kapal adalah contoh tipe Job Shop.

- *Batch Shop*

Sebenarnya adalah tipe *Job shop* yang telah terstandarisasi pola-pola pengerjaan pekerjaannya. Batch shop mempunyai kecenderungan untuk pengulangan beberapa jenis pekerjaan dengan kuantitas rendah dibanding dengan tipe job shop.

- *Assembly Line*

Proses produksi dimana bagian-bagian produk berjalan melalui stasiun kerja ke stasiun kerja berikutnya mengikuti urutan proses yang ada. Proses pembuatan produk elektronik seperti TV, radio, tape dan lain-lain mempunyai kecenderungan untuk memakai sistem produksi *Assembly Line*.

- *Continuous Flow*

Pada *assembly line*, produksi mengikuti urutan proses tertentu dan berhenti pada stasiun-stasiun kerja yang ada. Pada *continuous flow* produk tidak berhenti pada

stasiun-stasiun kerja yang ada, tetapi berjalan secara kontinyu dan proses perakitan berlangsung pada jalur aliran proses.

2.2 PROSES PERAKITAN

2.2.1 *Assembly Line*

Industri perakitan (*assembly*) adalah salah satu bagian dari sistem produksi yang mempunyai ciri khusus yakni tersusunnya produk jadi yang terdiri dari individual part dan sub-assembly dimana keduanya memungkinkan untuk diproduksi pada waktu dan tempat yang berbeda. Salah contoh dari industri perakitan adalah pembuatan *bogie carset*. *Bogie carset* tersusun atas part *bolster* dan *side frame*.

Proses *assembly* sebagai salah satu bagian dari proses manufaktur yang memegang peranan yang sangat signifikan dalam prespektif ekonomi. Berbagai studi telah dilakukan untuk rnelihat dari proses *assembly*. Signifikansi proses *assembly* dari segi waktu dan biaya tentunya merupakan *entry point* dalam upaya untuk melakukan efisiensi waktu dan biaya melalui pengembangan sistem dan teknologi *assembly*.

2.2.2 *Assembly Line Balancing*

Salah satu permasalahan yang mendasar dalam industri perakitan adalah bagaimana membuat suatu lintasan perakitan yang seimbang, *minimum idle time*, *minimum delay* serta *utility station* yang tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan penataan ulang elemen-elemen tugas sehingga tersusun konfigurasi stasiun-stasiun kerja yang paling optimal. Ada tiga hal yang harus dilakukan terlebih dahulu sebelum menyusun ulang konfigurasi stasiun-stasiun kerja perakitan, yaitu:

- a. Volume produksi dalam satuan per waktu.
- b. Waktu operasional pada masing-masing aktifitas yang dihitung dengan *time study*.
- c. *Operation Process Chart* yang menggambarkan langkah-langkah proses pengerjaan material, mulai dari bahan baku (material) hingga menjadi jadi komponen atau produk jadi.

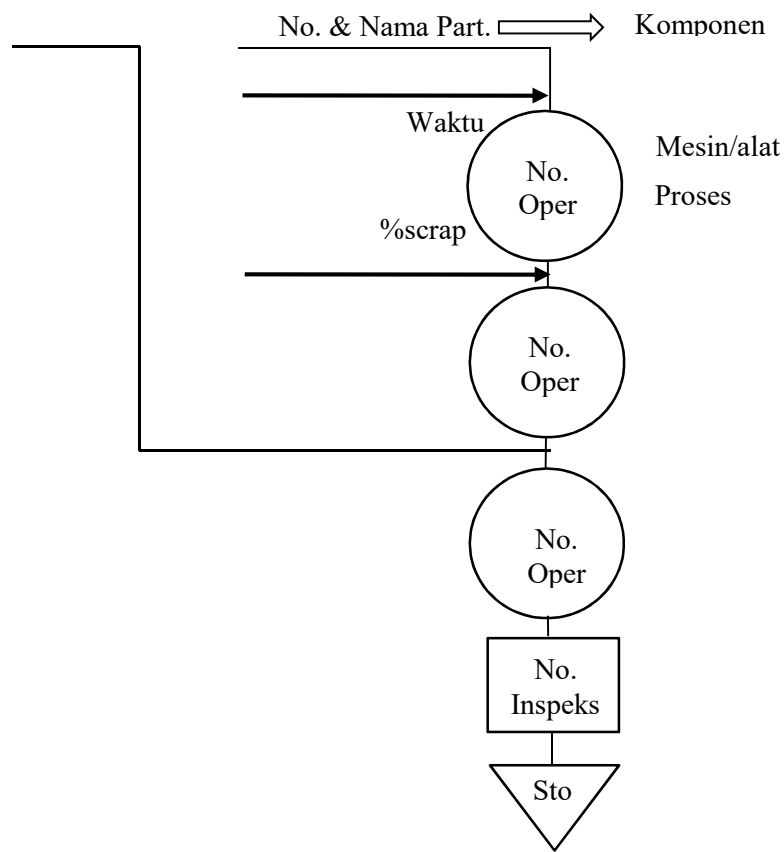
Volume produksi adalah hal yang sangat signifikan dalam menyusun keseimbangan lintasan perakitan (*assembly line balancing*). Dengan tingkat volume produksi yang ada maka dapat ditentukan *cycle time* pada tiap-tiap *workstation*. Peningkatan *demand* secara *incremental* konsekuensinya akan berdampak pada ketidakseimbangan lintasan dengan banyaknya *work in process* yang antri. Oleh karena penataan ulang konfigurasi work station akibat peningkatan *demand* adalah hal yang tidak dapat dihindari dalam *line balancing*.

Perhitungan waktu proses pada setiap elemen-elemen aktifitas sangat signifikan dalam upaya menggabungkan tugas-tugas ke dalam satu *workstation* tertentu sehingga tercapai kondisi optimal dalam keseimbangannya. *Time Study* digunakan sebagai basis studi perhitungan waktu proses pada setiap elemen-elemen aktifitas.

Operation Process Chart (OPC) memuat informasi yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut, proses yang dilalui, waktu yang dibutuhkan, dan tempat atau mesin yang dipakai untuk proses produksi. Jadi, dalam suatu OPC dicatat kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan proses produksi.

Menurut Wignjosoebroto (1995), Peta Proses Operasi atau OPC adalah peta kerja yang mencoba menggambarkan urutan kerja dengan jalan membagi pekerjaan tersebut menjadi elemen-elemen operasi secara detail. Tahapan proses kerja harus diuraikan secara logis dan sistematis. Dengan demikian keseluruhan operasi dapat digambarkan dari awal (*raw material*) sampai menjadi produk akhir (*finished goods product*) sehingga analisa perbaikan dari masing-masing operasi kerja individual maupun urut-urutannya secara keseluruhan akan dapat dilakukan.

Menurut Wignjosoebroto (1995), Peta Proses Operasi merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses (operasi dan pemeriksaan) yang akan dialami bahan baku. Dalam peta proses operasi yang dicatat hanyalah kegiatan-kegiatan operasi dan pemeriksaan saja, biasanya pada akhir proses terdapat penyimpanan (*storage*). Bentuk Standar Peta Operation Process Chart dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Operation Process Chart (OPC)*

Sumber: Wignjosoebroto (1995)

2.2.3 Macam-macam metode penyeimbangan lintasan

Dalam menyeimbangkan lintasan terdapat beberapa metode atau cara pendekatan yang berbeda-beda, akan tetapi mempunyai tujuan yang pada dasarnya sama yaitu mengoptimalkan lintasan agar diperoleh penggunaan tenaga kerja dan fasilitas yang sebaik mungkin.

Secara umum terdapat beberapa metode yang umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan keseimbangan lintasan:

1. Metode matematis

Metode matematis merupakan metode penggambaran dunia nyata melalui simbol-simbol matematis berupa persamaan dan pertidaksamaan, yang dapat menghasilkan suatu solusi optimal.

2. Metode *heuristic*

Metode *heuristic* pertama kali digunakan oleh Simon dan Newll untuk menggambarkan pendekatan tertentu untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Beberapa metode *heuristic* yang umum dikenal adalah:

- a. Metode *Helgesson – Birnie*, nama yang lebih populer adalah metode bobot posisi (*position Weight Technique*)
- b. Metode *Region Approach*, metode pembebanan elemen kerja dengan cara mendahulukan elemen kerja yang terletak pada region kiri pada peta proses operasi.
- c. Metode *Largest Canddate Rules*, prinsip dasarnya adalah menghubungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi waktu proses terbesar.

3. Metode simulasi

Metode simulasi merupakan metode yang meniru tingkah laku sistem dengan mempelajari interaksi komponen-komponennya karena tidak memerlukan fungsi-fungsi matematis secara eksplisit untuk merelasikan variabel-variabel sistem, maka model simulasi ini dapat digunakan untuk memecahkan sistem kompleks yang tidak dapat diselesaikan secara matematis. Metode-metode simulasi yang digunakan untuk pemecahan masalah *line balancing*, yaitu:

- a. CALB (*Computer assembly line balancing*)
- b. ALPACA (*Assembly line balancing and control activity*)
- c. COMSAL (*Computer method or saumming operation for assembly line*)

2.2.4 Urutan dalam Proses *Line Balancing*

Tata urutan proses assembly line adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi urutan proses/aktifitas pekerjaan untuk mengetahui hubungan antar aktifitas yang ada.
2. Hitung Waktu Siklus atau *Cycle Time* (C) yang dibutuhkan dengan menggunakan rumusan:

$$C = \frac{\text{Production Time per Week}}{\text{Require Output per week (in units)}} (\text{sec./unit}) \quad (2.1)$$

3. Evaluasi proses *line balancing* yang telah dikerjakan.

2.3 Teknik Pengukuran Waktu Kerja (*Time Study*)

2.3.1 Definisi Teknik Pengukuran Waktu Kerja (*Time Study*)

Menurut Wignjosoebroto (1995), pengukuran waktu kerja adalah suatu metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit output yang dihasilkan. Pada dasarnya teknik pengukuran waktu kerja ini dibagi menjadi dua yaitu teknik pengukuran waktu kerja secara langsung dan tidak langsung. Teknik pengukuran waktu kerja secara langsung adalah dengan metode Jam Henti (*stop watch*) dan Sampling Kerja (*work sampling*). Sedangkan teknik pengukuran secara tidak langsung dilakukan dengan cara membaca tabel waktu yang disediakan tanpa harus melakukan pengamatan langsung.

Pengukuran waktu kerja dibutuhkan untuk mengukur dan menetapkan waktu baku untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Pada proses pembuatan yang menjadi topik analisa, metode pengukuran waktu kerja yang paling tepat adalah menggunakan metode *Time study*. Metode *time study* sangat baik diaplikasikan terutama untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (*repetitive*). Dari hasil pengukuran tersebut akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dan nantinya dapat digunakan sebagai standard penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama.

2.3.2 Langkah-langkah Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti (*Stop Watch*)

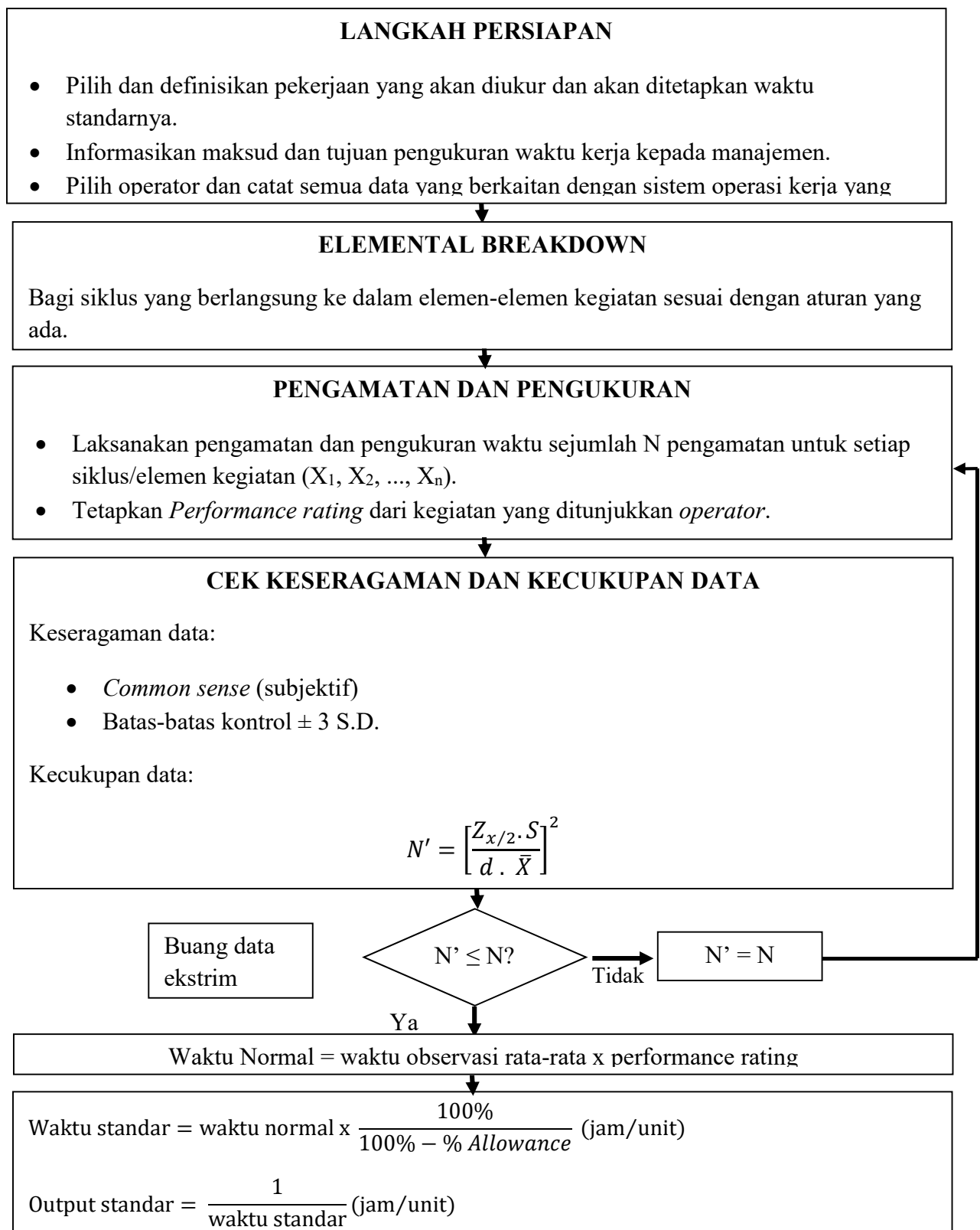
Menurut Wignjosoebroto (1995), *Time Study* adalah suatu cara untuk mengetahui waktu siklus dari suatu pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang dan singkat sebagai acuan waktu standar dari suatu proses. Secara garis besar langkah untuk melakukan pengukuran waktu kerja dengan *stop watch* ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Mendefinisikan pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktu pengerjaannya.
- b. Membagi operasi kerja ke dalam elemen-elemen aktifitas sedetail mungkin tetapi masih dalam batas-batas kemudahan dalam mengukur waktunya.
- c. Dilaksanakan pengamatan dan pengukuran waktu sejumlah N pengamatan untuk setiap elemen aktifitas.

- d. Dilakukan tes kecukupan dan keseragaman data.
- e. Ditetapkan *rate of performance* dari operator saat pengamatan.
- f. Sesuaikan waktu pengamatan berdasarkan performa kerja yang ditunjukkan oleh operator sehingga diperoleh waktu kerja normal.
- g. Tetapkan waktu longgar (*allowance*) guna memberikan fleksibilitas.
- h. Tetapkan waktu kerja baku (*standard time*).

Pengukuran kerja memberi cara kepada manajemen untuk mengukur waktu yang diperlukan untuk menjalankan suatu operasi atau serangkaian operasi, sehingga waktu kerja yang tidak efektif dapat ditemukan dan dipisahkan. Dari hasil pengukuran akan diperoleh waktu kerja baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan, dimana waktu kerja baku ini akan digunakan sebagai standar waktu penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Secara sistematis langkah-langkah pelaksanaannya ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Langkah-langkah pengukuran kerja

Sumber: Wignjosoebroto (1995)

2.3.3 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data diperlukan untuk menilai apakah data yang diambil mempunyai standar kualitas yang sesuai serta terdistribusi secara normal. Dalam proses pengambilan data waktu aktifitas untuk mendapatkan waktu baku, analisa menggunakan *Chart for Individual Value*. Uji keseragaman data dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai rata-rata operasi:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} \quad (2.3)$$

Dimana:

\bar{X} = Mean Value

$\sum_{i=1}^n X$ = Sum of the value

n = Number of observation

- b. Menentukan Standard Deviasi Sampel:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.4)$$

Dimana:

s = Standard Deviation

\bar{X} = Mean Value

Xi = The value of X at i

n = Number of observation

- c. Dengan asumsi bahwa data yang didapatkan berdistribusi secara normal dan tingkat ketelitian 3 sigma, maka Batas Kontrol Atas (*Upper Control Limit*) dan Batas Kontrol Bawah (*Lower Control Limit*) diberikan sebagai berikut:

$$BKA = \bar{X} + 3S \quad (2.5)$$

$$BKB = \bar{X} - 3S \quad (2.6)$$

Dimana

BKA = Batas kontrol atas

BKB = Batas kontrol bawah

S = Standar deviasi

\bar{X} = Rata – rata waktu pengamatan

- d. Ploting data pada peta kendali
- e. Proses seleksi data

Bila ditemukan data yang melebihi batas control atas maupun batas control bawah, maka data tersebut tidak dipakai (dibuang). Selain itu, jika ditemukan:

- Sembilan data secara berurutan di bawah atau di atas rata-rata
 - Enam data secara berurutan mempunyai kecenderungan naik maupun turun
 - Empat belas data secara berurutan mempunyai rata-rata yang cenderung naik ataupun turun
 - Dua dari tiga data terdapat di daerah 3 sigma di bawah atau di atas rata-rata
 - Empat dari lima data terdapat di daerah 3 sigma di bawah atau di atas rata-rata
 - Lima belas data berada di daerah 1 sigma di bawah dan di atas rata-rata
 - Delapan data di daerah lebih dari 1 sigma di bawah dan di atas rata-rata.
- maka data tersebut akan dikurangi salah satu agar di dapat data yang lebih baik.

2.3.4 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data digunakan untuk mengukur tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian data yang telah diambil. Dengan tingkat ketelitian data 99% maka uji kecukupan data dapat dilakukan dengan ketentuan berikut:

$$n = \left[\frac{z_{\alpha/2} \cdot s}{h \cdot \bar{X}} \right]^2 \quad (2.7)$$

Dimana: h = ketelitian/deviasi dari harga rata-rata

n = *number of minimum observation*

$z_{\alpha/2}$ = *standardized normal value (2,575 for 99% convident level)*

2.3.5 Penetapan *Performance Rating* Pekerjaan

Menurut Wignjosoebroto (1995), *Westinghouse* telah berhasil membuat suatu tabel *performance rating* kerja berdasarkan dari *Skill* (kecakapan), *Effort*

(usaha), *Consistency* (keajegan), dan *Work Condition* (kondisi kerja). Untuk menormalkan waktu hasil pengukuran kerja maka hasil waktu hasil pengukuran akan dikalikan dengan nilai di dalam tabel *Westinghouse*.

Westinghouse (1972) didalam tesis Handiwibowo (2007), memperkenalkan suatu sistem penentuan *performance rating* kerja sesuai tabel berikut:

Tabel 2.1 *Performance Rating Index*

SKILL				EFFORT			
+	0,15	A1	Super Skill	+	0,13	A1	Super Skill
+	0,13	A2		+	0,12	A2	
+	0,11	B1	Excelent	+	0,10	B1	Excelent
+	0,08	B2		+	0,08	B2	
+	0,06	C1	Good	+	0,05	C1	Good
+	0,03	C2		+	0,02	C2	
	0,00	D	Average		0,00	D	Average
-	0,05	E1	Fair	-	0,04	E1	Fair
-	0,10	E2		-	0,08	E2	
-	0,16	F1	Poor	-	0,12	F1	Poor
-	0,22	F2		-	0,17	F2	
CONDITION				CONSISTENCY			
+	0,06	A	Ideal	+	0,04	A	Ideal
+	0,04	B	Excelent	+	0,03	B	Excelent
+	0,02	C	Good	+	0,01	C	Good
	0,00	D	Average		0,00	D	Average
-	0,03	E	Fair	-	0,02	E	Fair
-	0,07	F	Poor	-	0,04	F	Poor

Source: *Westinghouse Company* (1972)

Performance rating, yang didapat dengan metode *westinghouse* adalah hasil penjumlahan dari setiap faktor kemudian ditambah 1. Penetapan *performance rating* bersifat subyektif, sehingga untuk masing – masing peneliti mungkin tidak

sama. Sesuai atau tidaknya *performance rating* yang ditetapkan sangat bergantung pada keahlian peneliti dalam menganalisa setiap kondisi yang diamati.

2.3.6 Penetapan Waktu Normal (*Normal time*)

Waktu yang didapat dari rata – rata pengukuran belum bisa dijadikan patokan untuk melakukan analisa waktu proses suatu operasi. Untuk mendapatkan keseragaman kecepatan yang sesuai dengan kecepatan kerja normal, maka perlu ditetapkan waktu normal.

Waktu normal suatu operasi adalah hasil perkalian antara rata – rata waktu pengamatan dengan *performance rating* yang ditetapkan.

$$WN = \text{Waktu pengerjaan rata – rata} \times \text{Performance rating} \quad (2.8)$$

2.3.7 Penetapan Waktu Longgar

Dalam praktek di lapangan, sering dijumpai operator menghentikan aktifitasnya dan membutuhkan waktu-waktu khusus untuk keperluan seperti kebutuhan - kebutuhan pribadi dan alasan - alasan lain yang diluar kontrolnya. Hal ini merupakan waktu longgar bagi operator yang dapat menginterupsi proses produksi.

Kelonggaran waktu dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) katagori:

1. Kelonggaran waktu untuk kebutuhan personal (*personal allowance*)
2. Kelonggaran waktu untuk melepas lelah (*fatigue allowance*)
3. Kelonggaran waktu karena keterlambatan (*delay allowance*)

2.3.8 Waktu Baku (*Standard time*)

Perhitungan waktu baku dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$ST = NT (1 + Allowance) \quad (2.9)$$

atau

$$ST = \frac{NT}{(1 - Allowance)} \quad (2.10)$$

2.4 LINEAR PROGRAMMING

2.4.1 Metoda Program Linier

Linear Programming (Mulyono, 2002) merupakan salah satu teknik *Operation Research* yang digunakan paling luas dan diketahui dengan baik. Teknik ini merupakan metode matematik dalam mengalokasikan sumber daya yang langka untuk mencapai tujuan seperti memaksimumkan keuntungan atau meminimumkan biaya. *Linear programming* berkaitan dengan penjelasan suatu model matematik yang terdiri atas sebuah fungsi tujuan linier dan sistem kendala linier.

Problematika perusahaan dalam mengoptimalkan sumber daya yang ada adalah salah satu pokok pembahasan para manajer perusahaan. Proses pengambilan keputusan sangat ditentukan oleh ketersediaan dan batasan-batasan lingkungan operasi. Batasan tersebut meliputi keterbatasan sumber daya misalnya waktu, tenaga, kerja, energi, biaya, bahan baku atau dapat berupa batasan pedoman seperti spesifikasi teknik. Umumnya tujuan perusahaan yang paling sering adalah sedapat mungkin memaksimumkan laba dan meminimalkan biaya.

Linear programming merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah pengalokasian sumber daya yang terbatas secara optimum. Masalah tersebut timbul akibat perusahaan/organisasi diharuskan memilih atau menentukan tingkatan setiap kegiatan yang dilakukannya, dimana masing-masing kegiatan membutuhkan model sumber daya yang sama, sedangkan jumlah sumber daya terbatas. Istilah optimum dapat diterangkan sebagai kondisi dimana tujuan tercapai. Dalam bisnis atau usaha, tujuan yang dimaksudkan adalah memaksimumkan laba dan meminimalisasi biaya.

Terdapat tiga tahap penggunaan *Linear Programming*. Pertama, masalah harus dapat diidentifikasi sebagai suatu yang dapat diselesaikan dengan *linear programming*. Kedua, masalah yang tidak terstruktur harus dapat dirumuskan dalam model matematika sehingga menjadi terstruktur. Ketiga, model harus dapat diselesaikan dengan teknik matematika yang telah dibuat.

Linear Programming yang diformulasikan untuk memecahkan masalah merupakan model matematis. Disebut *linear* berarti setiap fungsi-fungsi matematis yang disajikan dalam model ini haruslah fungsi-fungsi linier. Kata *programming* digunakan untuk perencanaan. Jadi *linear programming* mencakup perencanaan

kegiatan-kegiatan untuk mencapai suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil yang mencerminkan tercapainya sasaran tertentu yang paling baik (menurut model matematis) diantara alternatif-alternatif yang ada.

Dalam model LP terdapat dua macam fungsi, yaitu fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi pembatas (*constraint function*). Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran didalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber-sumber daya yang ada. Pada umumnya nilai yang dioptimalkan dinyatakan dengan Z. Sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan sumber daya tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan.

2.4.2 Formulasi Model *Linear Programming*

Model Linear Programming (Taylor, 1999) terdiri dari 3 jenis komponen. Komponen tersebut adalah variabel keputusan, fungsi tujuan dan batasan model.

Variabel keputusan adalah simbol matematis yang menggambarkan tingkatan aktifitas yang dimiliki suatu perusahaan. Contoh suatu perusahaan mampu memproduksi 2 macam barang. Mereka adalah barang X_1 dan X_2 . X_1 dan X_2 adalah jumlah variabel barang yang hendak ditemukan jumlahnya berdasarkan kendala tingkatan sumber daya yang dimiliki perusahaan.

Batasan model juga merupakan hubungan matematis linier dari variabel-variabel keputusan yang menunjukkan kendala perusahaan karena lingkungan operasi perusahaan. Batasan-batasan dapat berupa keterbatasan sumber daya atau pedoman.

2.4.3 Model Matematis

Model matematis *linear programming*, terdiri dari sebuah fungsi tujuan berbentuk linear dan satu set fungsi kendala yang berbentuk linear. Secara Umum Program Linier meminimalkan dapat dituliskan dengan persamaan:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.11)$$

$$\text{Fungsi Kendala} \quad \sum_{j=1}^n A_j X_j \geq B_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.12)$$

Sebagaimana telah dinyatakan sebelumnya bahwa masalah *linear programming* tidak lain adalah masalah optimasi bersyarat, yaitu pencarian nilai

maksimal (maksimasi) atau pencarian nilai minimal (minimasi) suatu fungsi tujuan berkenaan dengan keterbatasan-keterbatasan atau kendala yang harus dipenuhi.

2.5 INTEGER PROGRAMMING

Dalam beberapa kasus khusus, variabel keputusan linear programming tidak lagi dapat menjawab pertanyaan proses optimasi. Kasus khusus tersebut salah satunya adalah apabila hasil variabel keputusan harus berupa bilangan cacah. Kasus tersebut dapat dipecahkan dengan metode *integer programming*. *Integer Programming* adalah salah satu bentuk variasi dari *linear programming* dengan pembatasan pada variabel hasil yang seluruh atau sebagian berbentuk bilangan cacah (*integer*).

Berdasar hasil *variable* keputusan yang dihasilkan, metode *Integer Programming* dapat dikategorikan menjadi tiga bentuk.

1. *Total Integer Programming*

Bila variabel keputusan yang dihasilkan seluruhnya berbentuk bilangan cacah (*integer*), variabel basis bernilai bulat positif atau nol.

2. *Binary Integer Programming*

Bila variabel keputusan yang dihasilkan seluruhnya berbentuk bilangan biner (1 dan 0), dinamakan juga *zero one integer programming*.

3. *Mixed Integer Programming*

Bila variabel keputusan yang dihasilkan sebagian berbentuk bilangan cacah (*integer*).

Ada beberapa pendekatan solusi terhadap masalah *integer programming* yaitu pendekatan pembulatan, metode grafik, *cutting plane*, serta *branch and bound*.

1. Pendekatan pembulatan merupakan suatu pendekatan yang sederhana dan terkadang praktis untuk menyelesaikan masalah *integer programming* dengan cara membulatkan nilai variabel keputusan yang diperoleh melalui *linear programming*.
2. Pendekatan metode grafik, banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah *integer programming* yang hanya melibatkan 2 (dua) variabel.
3. Pendekatan *cutting plane* (metode GOMORY) merupakan suatu metode yang sistematis untuk memperoleh solusi *integer* optimum terhadap *total integer*

programming. Pertama kali dikemukakan oleh R.E. Gomory pada tahun 1958, untuk kemudian pendekatan ini diperluas untuk menangani kasus yang lebih sulit yaitu *mixed integer programming*.

4. Pendekatan *branch and bound*, pertama kali diperkenalkan oleh Land and Doig, telah menjadi kode komputer standar untuk *integer programming* dan dalam prakteknya penerapan metode ini lebih efisien dibandingkan pendekatan Gomory.

2.6 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian sebelumnya oleh Husin (2013), tentang aplikasi *binary integer programming* untuk peningkatan efisiensi lintasan sebagai fungsi output (kasus pada industri pembuatan furnitur). Dari hasil penelitian diperoleh jumlah *workstation* yang terbentuk bervariasi berdasarkan jumlah produk yang akan dibuat. Dari variasi jumlah produk antara 110 unit/minggu sampai 160 unit/minggu, diketahui persentase *efisiensi* lintasan yang paling besar adalah 79,58% dengan jumlah produksi sebesar 130 unit/minggu.

Penelitian yang lainnya tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Posisi penelitian

Posisi Penelitian	Husin (2015)	Gogor Arif (2007)	Rina Lukiandari (2004)	Penelitian ini (2017)
Obyek penelitian				
<i>Furniture</i>	√			
<i>Slipper</i> (sandal)		√		
<i>Upper Shoe</i>			√	
<i>Bogie Carset</i>				√
Karakteristik demand				
Deterministic				√
Stochastic	√	√	√	
Types of Products				
Homogeneous	√			√
Heterogeneous		√	√	

Tabel 2.2 Posisi penelitian (lanjutan)

Posisi Penelitian	Husin (2015)	Gogor Arif (2007)	Rina Lukiandari (2004)	Penelitian ini (2017)
Model				
<i>Line Eficiency</i>	√			√
<i>Line Balancing</i>		√	√	√
<i>Line Production Optimalization</i>			√	
Metode Penyelesaian				
<i>Exact:</i>				
<i>Integer Linier Programming</i>				
<i>Binary Linier Programming</i>	√	√		√
<i>Ranked Positional Technique</i>			√	
<i>Line balancing Methode</i>				
<i>Mathematic</i>	√	√		√
<i>Heuristic</i>			√	
<i>Simulation</i>				
Objective Function:				
<i>Minimum cycle time</i>				√
<i>Minimum balance delay</i>			√	
<i>Minimum workstation</i>		√		
<i>Maximum Eficiency</i>	√	√	√	√
<i>Maximum Product</i>	√			√
Support:				
<i>MOST</i>			√	
<i>LINGO</i>	√	√		√

Hal yang akan menjadi perhatian pada penelitian kali ini adalah bagaimana meminimumkan *cycle time* dengan mendapatkan efisiensi tertinggi sehingga menghasilkan keseimbangan lintasan yang paling optimal.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

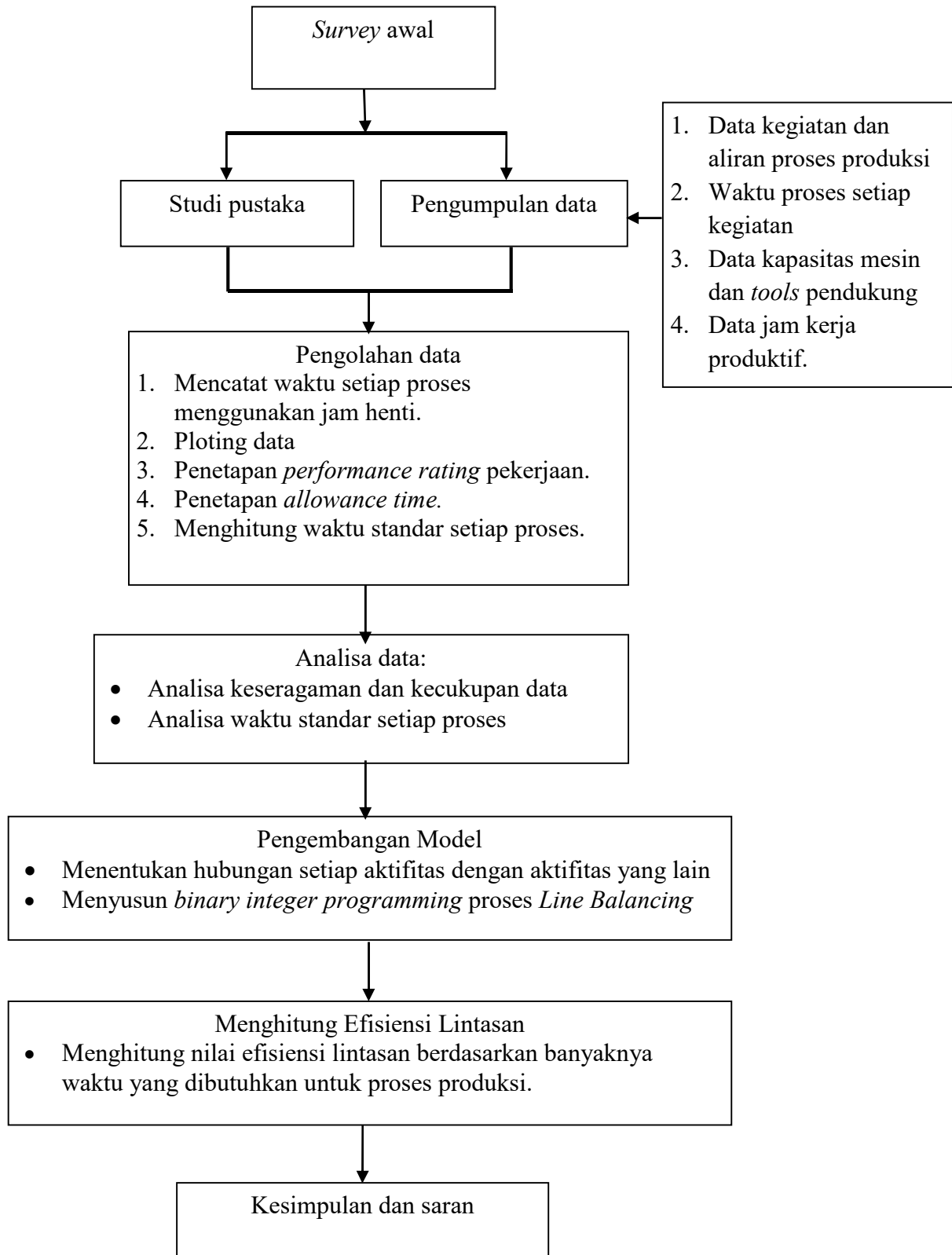
Penelitian merupakan serangkaian langkah-langkah yang dilakukan secara sistematis dan terencana untuk memperoleh pemecahan masalah atau memperoleh jawaban dari masalah tertentu. Pada setiap usaha pemecahan masalah diperlukan adanya informasi yang lengkap mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi dan berhubungan, sehingga upaya yang dilakukan dapat menghasilkan suatu bentuk pemecahan masalah yang terintegrasi. Untuk mencapai maksud tersebut maka diperlukan metodologi penelitian.

3.1 DIAGRAM ALIR METODE PENELITIAN

Diagram alir metodologi penelitian yang digunakan adalah seperti Gambar 3.1. Pada bagian ini akan dibahas langkah-langkah atau metodologi penelitian yang akan digunakan sebagai penuntun dalam penelitian ini agar diperoleh hasil yang baik secara efektif dan efisien. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *survey* awal, perumusan masalah, pengumpulan data, studi pustaka, pengolahan data yang meliputi analisis keseragaman dan kecukupan data, analisa waktu standar, pembuatan model dengan program linier dan yang terakhir kesimpulan dan saran.

3.2 SURVEY AWAL

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan *survey* awal, dimana *survey* ini dilakukan untuk mengetahui secara jelas kondisi industri yang akan diteliti. Dengan demikian setelah dilakukan *survey* awal ini diharapkan akan ditemukan permasalahan yang perlu dicari jalan keluarnya.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.3 PENGUMPULAN DATA

Dari hasil *survey*, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data-data yang diperlukan yang berkaitan dengan penelitian. Pengumpulan data ini merupakan langkah yang sangat penting dalam penelitian karena tanpa adanya data-data yang cukup maka penelitian akan sulit dilakukan. Data diperoleh baik secara langsung (data primer) maupun melalui wawancara (data sekunder).

3.3.1 Data primer

Data yang digunakan adalah data yang diambil dari pengamatan langsung terhadap obyek yang akan diteliti, yaitu:

- Data kegiatan proses produksi *bogie carset*.
- Data aliran proses produksi.
- Data waktu proses untuk masing-masing kegiatan proses produksi.

3.3.2 Data sekunder

Data ini diperoleh dengan cara wawancara baik dengan pihak *management* perusahaan maupun dengan para tenaga kerja di lapangan. Wawancara ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang:

- Data kapasitas mesin dan *tools* pendukung untuk pembuatan *bogie carset*.
- Data permintaan dan rencana produksi dari produk yang menjadi obyek penelitian.
- Data waktu jam kerja produktif pada perusahaan.

3.4 STUDI PUSTAKA

Setelah dapat merumuskan permasalahannya maka untuk membahas atau menyelesaikan permasalahan tersebut perlu dilakukan studi pustaka. Dimana hal ini penting dilakukan untuk membantu dan merumuskan langkah-langkah guna pemecahan masalah dengan jalan mempelajari teori-teori dari buku, jurnal dan lain-lain yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti.

3.5 PENGOLAHAN DATA

Setelah proses pengumpulan data selesai dan studi pustaka telah dilakukan dan memadai, maka proses selanjutnya adalah pengolahan data. Pengolahan data

disini juga termasuk mengolah atau mengubah data-data yang diperoleh dari perusahaan menjadi data yang bisa dianalisa dengan metode / *software* yang digunakan. Adapun langkah yang diambil dalam penyiapan dan pengolahan data adalah :

- Pengukuran waktu kerja pada setiap kegiatan menggunakan alat ukur jam henti (*stop watch*).
- Memplotkan masing-masing data dengan cara : mencari waktu rata-rata, menghitung standar deviasi, menentukan BKA dan BKB.
- Menetapkan beberapa penilaian terhadap pekerja dengan menggunakan metode *westinghouse*.
- Mendiskusikan dengan pihak *management* perusahaan untuk mendapatkan waktu longgar pekerja (*operator*).
- Menghitung waktu standar suatu kegiatan dengan mempertimbangkan *performance rating* dan *allowance time* pekerja.

3.6 ANALISA DATA DAN PEMBUATAN MODEL

Setelah data yang ada sudah siap maka dilakukan analisa terhadap data yang ada, analisa tersebut meliputi:

- Analisa Keseragaman dan Kecukupan Data
- Analisa Waktu Baku Setiap Aktifitas

Pada penelitian ini, pendekatan yang digunakan untuk menganalisa keseimbangan lintasan produk adalah dengan menggunakan metode *binary integer programming*. *Binary integer programming* adalah sebuah model penyelesaian matematis yang memungkinkan hasil penyelesaian kasus yang berupa bilangan pecahan diubah menjadi bilangan biner (0 dan 1), sehingga didapatkan solusi yang optimal. Penggunaan metode *binary integer programming* ini dilakukan karena variabel keputusan pada persoalan ini tidak dapat dinilai dalam bentuk pecahan.

Membuat Model dalam bentuk *binary integer programming* proses *Line Balancing* dengan urutan proses sebagai berikut:

- Menentukan hubungan setiap aktifitas dengan aktifitas yang lain
- Menyusun *binary integer programming* proses *Line Balancing*.

3.7 Membuat Persamaan Matematis Untuk *Line Balancing*.

Selanjutnya adalah menentukan persamaan matematis yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan diatas. Model matematis yang digunakan meliputi dua fungsi yaitu fungsi tujuan dan fungsi pembatas.

3.7.1 Formulasi Fungsi Tujuan

Setiap produk yang dihasilkan melalui beberapa proses yang memiliki perhitungan waktu yang berbeda-beda sehingga dapat mempengaruhi fungsi tujuan. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah mencari waktu siklus total yang minimum dari kendala-kendala yang ada agar mendapatkan keseimbangan lintasan yang optimum.

Persamaan matematis nya sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^m a_{ij} X_{ij} \quad i = 01, 02, 03, \dots, n \quad (3.1)$$

Dimana:

i = indeks proses

j = indeks *resources*

a_{ij} = waktu baku proses i pada *resources* j .

X_{ij} = bilangan biner yang mempunyai nilai 1 apabila proses i dikerjakan pada *resources* j , dan bernilai 0 apabila proses i tidak dikerjakan pada *resources* j .

3.7.2 Formulasi Fungsi Pembatas

1. Pembatasan waktu siklus untuk menyelesaikan pekerjaan.

Jumlah waktu total proses dalam menyelesaikan pekerjaan adalah sama atau tidak melebihi waktu siklus. Persamaan matematis nya sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} X_{ij} \leq Ws \quad j = 01, 02, 03, \dots, m \quad (3.2)$$

Dimana :

Ws = waktu siklus

2. Setiap *resources* harus ada dalam sebuah proses.

Setiap *resources* yang ada harus tergabung ke dalam suatu proses, sekaligus menghindari adanya satu atau lebih *resources* tergabung ke dalam suatu proses yang sama. Persamaan matematis nya sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1 \quad i = 01, 02, 03, \dots, n \quad (3.3)$$

3. Pembatasan fungsi proses karena adanya hubungan antar proses.

Pembatas ini akan menghindari adanya suatu proses yang mendahului proses lain di belakang proses yang didahuluinya. Hubungan ini dijelaskan pada diagram *operation process chart* sesuai urutan proses yang ada. Persamaan matematis nya sebagai berikut:

$$X_{ij} \leq \sum_{t=1}^m X_{at} \quad i = 01, 02, 03, \dots, n ; j = 01, 02, 03, \dots, m \quad (3.4)$$

Dimana :

a = indeks proses yang mendahului proses i, yang ditentukan dari *operation process chart* (01, 02, 03, ... n)

t = indeks *resources* (01 , 02, 03, ... m)

X_{at} = bilangan biner yang mempunyai nilai 1 apabila proses a dikerjakan pada *resources t*, dan bernilai 0 apabila proses a tidak dikerjakan pada *resources t*.

4. Pembatas biner

Fungsi ini membatasi bahwa setiap kegiatan (X_{ij}) hanya dapat bernilai 0 atau 1. Apabila kegiatan (X_{ij}) memiliki nilai 1, maka proses i ditempatkan pada *resources j*. Dan apabila kegiatan (X_{ij}) tersebut memiliki nilai 0, maka proses i tidak dapat ditempatkan pada *resources j*.

$$0 \leq X_{ij} \leq 1 \quad (3.5)$$

3.8 Kesimpulan dan dan Saran

Tahap ini adalah langkah akhir dari penelitian dimana diberikan kesimpulan dari penelitian yang telah dicapai, dan berisikan saran-saran yang diperlukan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Penelitian

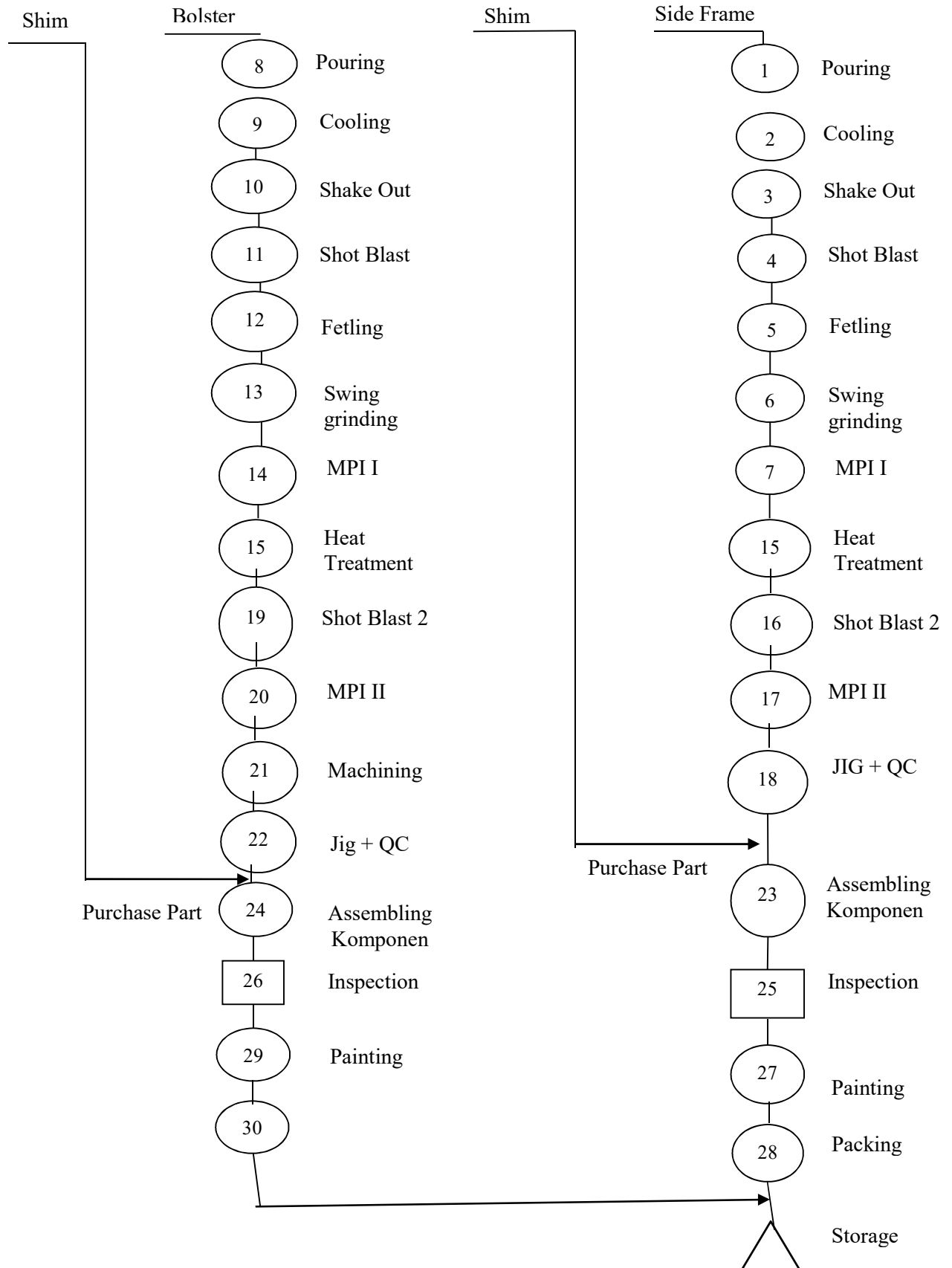
Data penelitian ini diperoleh melalui proses observasi di industri pembuatan *bogie carset* di PT. BI. Data yang didapatkan setelah melakukan observasi adalah:

1. Jenis dan urutan aktifitas proses pembuatan *bogie carset*.
2. Waktu pengerjaan setiap aktifitas proses pembuatan *bogie carset*.
3. Jumlah produksi *carset bogie*.
4. Waktu kerja produktif.

Pembuatan *bogie carset* terdiri dari beberapa proses produksi, proses–proses tersebut akan dikelompokkan berdasarkan penggunaan *machine, tools* dan *man power*, yaitu:

1. *Pouring*
2. *Cooling*
3. *Shake out*
4. *Shot blasting 1*
5. *Fetling*
6. *Swing grinding*
7. *Material Particle Inspection 1*
8. *Heat Treatment*
9. *Shot blasting 2*
10. *Material Particle Inspection 2*
11. *Machining*
12. *Jig & Quality control*
13. *Assembling component*
14. *Inspection*
15. *Painting*
16. *Packing*

Untuk lebih mengetahui lebih jelas hubungan antara kegiatan dapat dilihat *Operation Process Chart* pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Operation Process Chart pengerjaan bogie carset.

4.2 Data Pengukuran *Time study*

Pengambilan data waktu kegiatan menggunakan alat ukur jam henti (*stop watch*). Metode *time study* ini dianggap paling cocok untuk mengukur waktu pengerjaan tiap-tiap aktifitas pada proses pembuatan *bogie carset* yang mempunyai karakter pekerjaan yang berulang-ulang. Pengukuran waktu pengerjaan pada setiap aktifitas tersaji pada lampiran.

Detail urutan aktifitas pengerjaan side frame dan bolster seperti pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4.1 Urutan aktifitas pengerjaan *Side frame*

No.	Nama Proses	No. Proses	Variabel	Deskripsi
1	<i>Pouring</i>	1	X0101	Proses Pouring side frame di shift 1 oleh operator 1
2			X0102	Proses Pouring side frame di shift 2 oleh operator 2
3			X0103	Proses Pouring side frame di shift 3 oleh operator 3
4	<i>Cooling</i>	2	X0201	Proses Cooling side frame di shift 1 oleh operator 1
5			X0202	Proses Cooling side frame di shift 2 oleh operator 2
6			X0203	Proses Cooling side frame di shift 3 oleh operator 3
7	<i>Shake out</i>	3	X0301	Proses Shake out side frame di shift 1 oleh operator 1
8			X0302	Proses Shake out side frame di shift 1 oleh operator 2
9			X0303	Proses Shake out side frame di shift 2 oleh operator 3
10			X0304	Proses Shake out side frame di shift 2 oleh operator 4
11			X0305	Proses Shake out side frame di shift 3 oleh operator 5
12			X0306	Proses Shake out side frame di shift 3 oleh operator 6
13	<i>Shot blast 1</i>	4	X0401	Proses shot blast 1 side frame di shift 1 oleh operator 1
14			X0402	Proses shot blast 1 side frame di shift 2 oleh operator 2
15	<i>fetling</i>	5	X0501	Proses fetling side frame shift 1 oleh operator 1
16			X0502	Proses fetling side frame shift 1 oleh operator 2
17			X0503	Proses fetling side frame shift 2 oleh operator 3
18			X0504	Proses fetling side frame shift 2 oleh operator 4

Tabel 4.1 Urutan aktifitas pengerjaan *Side frame* (lanjutan)

No.	Nama Proses	No. Proses	Variabel	Deskripsi
19	<i>Swing grinding</i>	6	X0601	Proses swing grinding side frame di shift 1 oleh operator 1
20			X0602	Proses swing grinding side frame di shift 1 oleh operator 2
21			X0603	Proses swing grinding side frame di shift 2 oleh operator 3
22			X0604	Proses swing grinding side frame di shift 2 oleh operator 4
23	<i>MPI (Hand grinding)</i>	7	X0701	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 1
24			X0702	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 2
25			X0703	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 3
26			X0704	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 4
27			X0705	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 5
28			X0706	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 6
29			X0707	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 7
30			X0708	Proses MPI side frame di shift 1 oleh operator 8
31			X0709	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 9
32			X0710	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 10
33			X0711	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 11
34			X0712	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 12
35			X0713	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 13
36			X0714	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 14
37			X0715	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 15
38			X0716	Proses MPI side frame di shift 2 oleh operator 16
39	<i>Heat treatment</i>	15	X1501	Proses HT side frame & bolster di room 1
40			X1502	Proses HT side frame & bolster di room 2
41	<i>Shot blast 2</i>	16	X1601	Proses shot blast 2 side frame di shift 1 oleh operator 1
42			X1602	Proses shot blast 2 side frame di shift 2 oleh operator 2
43			X1603	Proses shot blast 2 side frame di shift 3 oleh operator 3

Tabel 4.1 Urutan aktifitas pengerjaan *Side frame* (lanjutan)

No.	Nama Proses	No. Proses	Variabel	Deskripsi
44	<i>MPI 2 (repair)</i>	17	X1701	Proses MPI 2 side frame 1 shift oleh operator 1
45			X1702	Proses MPI 2 side frame 1 shift oleh operator 2
46			X1703	Proses MPI 2 side frame 1 shift oleh operator 3
47			X1704	Proses MPI 2 side frame 1 shift oleh operator 4
48			X1705	Proses MPI 2 side frame 1 shift oleh operator 5
49	<i>Jig & QC</i>	18	X1801	Proses Jig & QC side frame di 1 shift oleh operator 1
50			X1802	Proses Jig & QC side frame di 1/2 shift oleh operator 1
51	<i>Assembling component</i>	23	X2301	Proses assembling side frame di 1 shift oleh operator 1
52			X2302	Proses assembling side frame di 1 shift oleh operator 2
53			X2303	Proses assembling side frame di 1/2 shift oleh operator 1
54			X2304	Proses assembling side frame di 1/2 shift oleh operator 2
55	<i>Inspection</i>	25	X2501	Proses inspection side frame oleh 1 operator
56	<i>Painting</i>	27	X2701	Proses painting side frame di shift 1 oleh operator 1
57			X2702	Proses painting side frame di shift 1 oleh operator 2
58	<i>Packing</i>	28	X2801	Proses packing side frame di shift 1 oleh operator 1
59			X2802	Proses packing side frame di shift 1 oleh operator 2

Tabel 4.2 Urutan aktifitas pengerjaan *Bolster*

No.	Nama Proses	No. Proses	Variabel	Deskripsi
1	<i>Pouring</i>	8	X0801	Proses pouring bolster di shift 1 oleh operator 1
2			X0802	Proses pouring bolster di shift 2 oleh operator 2
3			X0803	Proses pouring bolster di shift 3 oleh operator 3
4	<i>Cooling</i>	9	X0901	Proses cooling bolster di shift 1 oleh operator 1
5			X0902	Proses cooling bolster di shift 2 oleh operator 2
6			X0903	Proses cooling bolster di shift 3 oleh operator 3

Tabel 4.2 Urutan aktifitas pengerjaan *Bolster* (lanjutan)

No.	Nama Proses	No. Proses	Variabel	Deskripsi
7	<i>Shake out</i>	10	X1001	Proses shake out bolster shift 1 oleh operator 1
8			X1002	Proses shake out bolster shift 1 oleh operator 2
9			X1003	Proses shake out bolster shift 2 oleh operator 3
10			X1004	Proses shake out bolster shift 2 oleh operator 4
11			X1005	Proses shake out bolster di shift 3 oleh operator 5
12			X1006	Proses shake out bolster di shift 3 oleh operator 6
13	<i>Shot blast 1</i>	11	X1101	Proses shot blast 1 bolster di shift 1 oleh operator 1
14			X1102	Proses shot blast 1 bolster di shift 2 oleh operator 2
15	<i>Fetling</i>	12	X1201	Proses fetling bolster di shift 1 oleh operator 1
16			X1202	Proses fetling bolster di shift 1 oleh operator 2
17			X1203	Proses fetling bolster di shift 2 oleh operator 3
18			X1204	Proses fetling bolster di shift 2 oleh operator 4
19	<i>Swing grinding</i>	13	X1301	Proses swing grinding bolster di shift 1 oleh operator 1
20			X1302	Proses swing grinding bolster di shift 1 oleh operator 2
21			X1303	Proses swing grinding bolster di shift 2 oleh operator 3
22			X1304	Proses swing grinding bolster di shift 2 oleh operator 4
23	<i>MPI 1 (hand grinding)</i>	14	X1401	Proses MPI 1 bolster di shift 1 oleh operator 1
24			X1402	Proses MPI 1 bolster di shift 1 oleh operator 2
25			X1403	Proses MPI 1 bolster di shift 1 oleh operator 3
26			X1404	Proses MPI 1 bolster di shift 1 oleh operator 4
27			X1405	Proses MPI 1 bolster di shift 1 oleh operator 5
28			X1406	Proses MPI 1 bolster di shift 2 oleh operator 6
29			X1407	Proses MPI 1 bolster di shift 2 oleh operator 7
30			X1408	Proses MPI 1 bolster di shift 2 oleh operator 8
31			X1409	Proses MPI 1 bolster di shift 2 oleh operator 9
32			X1410	Proses MPI 1 bolster di shift 2 oleh operator 10
33	<i>Heat treatment</i>	15	X1501	Proses HT side frame & bolster di room 1
34			X1502	Proses HT side frame & bolster di room 2
35	<i>Shot blast 2</i>	19	X1901	Proses shot blast 2 bolster di shift 1 oleh operator 1
36			X1902	Proses shot blast 2 bolster di shift 2 oleh operator 2
37			X1903	Proses shot blast 2 bolster di shift 3 oleh operator 3

Tabel 4.2 Urutan aktifitas pengerjaan *Bolster* (lanjutan)

No.	Nama Proses	No. Proses	Variabel	Deskripsi
38	<i>MPI 2 (repair)</i>	20	X2001	Proses MPI 2 bolster di 1 shift oleh operator 1
39			X2002	Proses MPI 2 bolster di 1 shift oleh operator 2
40			X2003	Proses MPI 2 bolster di 1 shift oleh operator 3
41			X2004	Proses MPI 2 bolster di 1 shift oleh operator 4
42			X2005	Proses MPI 2 bolster di 1 shift oleh operator 5
43			X2006	Proses MPI 2 bolster di 1 shift oleh operator 6
44	<i>Machining</i>	21	X2101	Proses machining bolster shift 1 oleh operator 1
45			X2102	Proses machining bolster shift 1 oleh operator 2
46			X2103	Proses machining bolster shift 1 oleh operator 3
47			X2104	Proses machining bolster shift 1 oleh operator 4
48			X2105	Proses machining bolster shift 1 oleh operator 5
49			X2106	Proses machining bolster shift 2 oleh operator 6
50			X2107	Proses machining bolster shift 2 oleh operator 7
51			X2108	Proses machining bolster shift 2 oleh operator 8
52			X2109	Proses machining bolster shift 2 oleh operator 9
53			X2110	Proses machining bolster shift 2 oleh operator 10
54			X2111	Proses machining bolster shift 3 oleh operator 11
55			X2112	Proses machining bolster shift 3 oleh operator 12
56			X2113	Proses machining bolster shift 3 oleh operator 13
57			X2114	Proses machining bolster shift 3 oleh operator 14
58			X2115	Proses machining bolster shift 3 oleh operator 15
59	<i>Jig & QC</i>	22	X2201	Proses jig & QC bolster 1 shift oleh operator 1
60			X2202	Proses jig & QC bolster 1/2 shift oleh operator 1
61	<i>Assembly componen</i>	24	X2401	Proses assembling bolster di 1 shift oleh operator 1
62			X2402	Proses assembling bolster di 1 shift oleh operator 2
63			X2403	Proses assembling bolster di 1 shift oleh operator 3
64			X2404	Proses assembling bolster di 1 shift oleh operator 4
65	<i>Inspection</i>	26	X2601	Proses inspection bolster oleh 1 operator
66	<i>Painting</i>	29	X2901	Proses painting bolster di shift 1 oleh operator 1
67			X2902	Proses painting bolster di shift 1 oleh operator 2
68	<i>Packing</i>	30	X3001	Proses packing bolster di shift 1 oleh operator 1
69			X3002	Proses packing bolster di shift 1 oleh operator 2

Detail hasil pengukuran waktu proses pengerjaan *side frame* dan *bolster* seperti ada di Lampiran 2 dan Lampiran 4.

4.3 Analisa keseragaman data

Cara mudah untuk mengetahui tingkat keseragaman data dengan visual yaitu dengan cara memplotkan masing-masing data dalam sebuah grafik. Berikut contoh cara plotting untuk variabel 0501 (kegiatan *fetling* pada proses pengerjaan *side frame* di shift 1) :

- Mencari waktu rata – rata

Waktu rata – rata merupakan jumlah seluruh waktu pengamatan dibagi dengan jumlah banyaknya pengamatan yang dilakukan.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} = \frac{15 + 17 + \dots + 15}{20} = 14,4 \text{ menit}$$

- Menghitung standar deviasi

Standar deviasi merupakan ukuran kecenderungan sebaran dari data pengamatan yang diperoleh.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(15 - 14,4)^2 + (17 - 14,4)^2 + \dots + (15 - 14,4)^2}{20 - 1}} = 1,60$$

- Menentukan BKA dan BKB

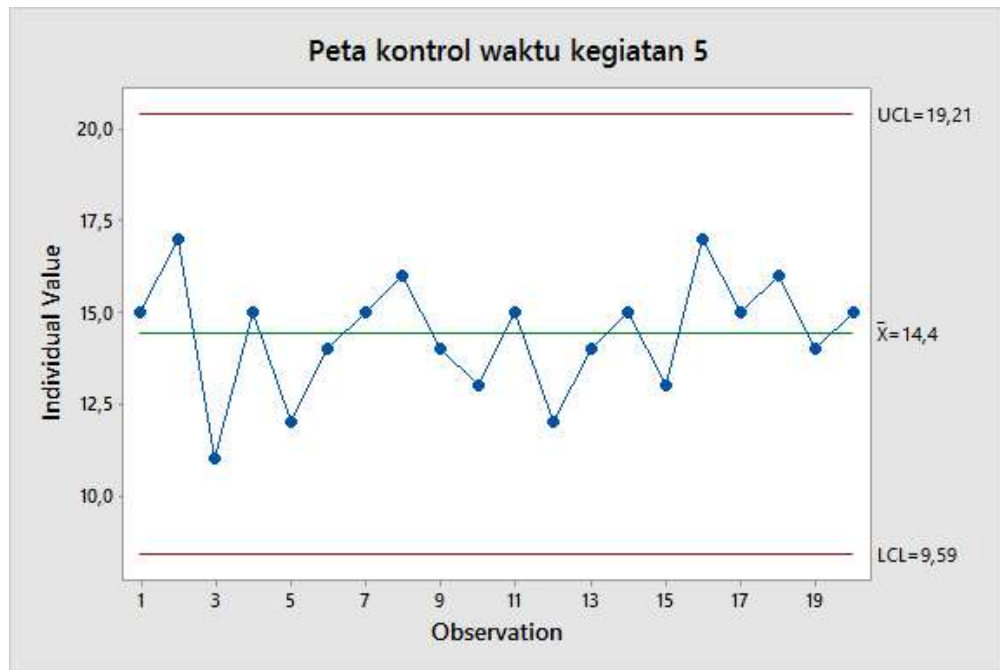
Batas kontrol ini diasumsikan sebesar 3 kali dari nilai standar deviasi yang bertitik tolak dari nilai rata – rata data.

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{X} + 3S \\ &= 14,4 + (3 \times 1,60) \\ &= 19,21 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BKB &= \bar{X} - 3S \\ &= 14,4 - (3 \times 1,60) \\ &= 9,59 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Ploting data

Agar mempermudah analisa keseragaman data, maka data – data tersebut dapat ditampilkan kedalam suatu grafik. Contohnya seperti tampak pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Ploting data variabel 0501 (kegiatan *fetling* pada proses pengerjaan *side frame* di shift 1) pada peta kendali.

4.4 Analisa Kecukupan Data

Uji kecukupan data digunakan untuk menentukan bahwa jumlah sampel data yang diambil telah cukup untuk proses pengolahan data pada proses selanjutnya. Berikut cara untuk mengetahui jumlah minimum data yang diambil pada variabel 0501, yaitu sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{Z_{\alpha/2} \cdot s}{h \cdot \bar{X}} \right]^2 = \left[\frac{1.96 \times 1,6}{0.05 \times 14,4} \right]^2 = 19.03$$

dengan asumsi

$Z_{\alpha/2}$ = standardized normal value (2,575 for 99% confident level)

h = tingkat ketelitian 5%

dari perhitungan rumus diatas diketahui jumlah pengamatan minimum yang harus diambil pada variabel 0501 agar memenuhi kecukupan data adalah sebanyak 19,03

data (dibulatkan menjadi 20 data). Karena data yang diambil dari proses pengamatan (*time study*) sebanyak 20 kali pengamatan, maka jumlah pengamatan tersebut telah memenuhi jumlah kebutuhan data pengamatan.

4.5 *Performance Rating*

Performa tenaga kerja dalam melakukan kegiatan dapat dilihat dengan menggunakan *performance rating* sebagai acuannya. Penilaian ini berdasarkan pada pengalaman hasil pengamatan dari pengawas terhadap waktu rata – rata yang diperlihatkan oleh pekerja.

Dengan menggunakan metode *westinghouse*, pengawas menetapkan beberapa penilaian terhadap tenaga kerja. Contoh pada variabel 0501:

- *skill* tenaga kerja memiliki penilaian antara *good* dan *excellent*, yang berarti kemampuan pekerjaannya bernilai bagus dan diberi *rating* +0.08
- *effort* tenaga kerja memiliki penilaian *excellent*, yang menunjukkan bahwa tenaga kerja memiliki etos kerja yang bernilai bagus dan diberi *rating* +0.10
- *condition* bernilai *average* yang menunjukkan bahwa kondisi kerja dalam keadaan sedang dan diberi *rating* +0.00
- *consistency* tenaga kerja juga memiliki penilaian *good*, yang berarti konsistensi tenaga kerja dalam menyelesaikan pekerjaan bernilai baik dan diberi *rating* +0.01

maka *performance rating* untuk variabel 0501 = $1 + (0.08 + 0.10 + 0.00 + 0.01) = 1.19$

4.6 Waktu Normal

Waktu normal dapat diperoleh dengan mengalikan waktu rata – rata setiap kegiatan dengan *performance rating* dari tenaga kerja. Contoh perhitungan waktu normal untuk variabel 0501 (kegiatan *felling* pada proses pengerjaan *side frame* di shift 1) adalah:

$$\begin{aligned} \text{WN} &= \text{waktu pengamatan rata – rata} \times \text{Performance rating} \\ &= 14,4 \times 1.19 = 17,14 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.7 Waktu Longgar (*Allowance*)

Waktu longgar untuk tenaga kerja didapatkan melalui diskusi dengan *manager* produksi bahwa waktu longgar yang ditentukan untuk tenaga kerja adalah 10% dari waktu normal di dalam mengerjakan pekerjaannya. Waktu longgar ini digunakan oleh tenaga kerja untuk :

- Mempelajari perintah kerja, *drawing*, atau dokumen lain yang terkait dengan pekerjaan.
- Berdiskusi dengan atasan yang berkaitan dengan pekerjaan.
- Persiapan pekerjaan dengan melakukan tindakan pembersihan atau menyiapkan alat disekitar tempat kerja.
- Istirahat ditempat kerja untuk melepas lelah.
- Ke kamar kecil
- Memeriksa kembali pekerjaan- pekerjaan nya

4.8 Waktu Baku (*Standart Time*)

Waktu baku suatu kegiatan merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang telah mempertimbangkan *performance rating* dan waktu longgar tenaga kerja. Contoh perhitungan waktu baku dari variabel 0501 (kegiatan *fetling* pada proses pengerjaan *side frame* di shift 1) adalah sebagai berikut:

$$ST = \frac{NT}{(1-Allowance)} = \frac{17,14}{(1-0.1)} = 19,04 \text{ menit}$$

Dengan demikian diketahui bahwa waktu baku untuk kegiatan 0501 (kegiatan *fetling* pada proses pengerjaan *side frame* di shift 1) adalah sebesar 19,04 menit. Untuk waktu baku masing – masing kegiatan dapat dilihat pada lampiran.

4.9 Analisa *Line Balancing*

4.9.1 Waktu siklus (*Cycle time*)

Menghitung waktu siklus suatu proses produksi membutuhkan data target produksi perminggu dan data waktu kerja produktif perminggu.

Tabel 4.3 Jumlah permintaan produk

PT. BI – 9C <i>Standard Car Truck Company.</i>									
Contract # - Annex	624	312	156	26	Sail Date	Sail Date	Shipment	Port of	Status
	SF	Bol	C/S	Con.	Contract	Estimated	Predicted	Arrival	
SCT1079	72	36	18	3	02/11/17	02/11/17	18	Houston	ARRIVED
SCT1079	48	24	12	2	02/25/17	02/25/17	12	Houston	ON WATER
SCT1079	48	24	12	2	03/04/17	03/04/17	12	Houston	ON WATER
SCT1079	48	24	12	2	03/11/17	03/11/17	12	Houston	ON WATER
SCT1079	48	24	12	2	03/18/17	03/18/17	12	Houston	ON WATER
SCT1079	48	24	12	2	03/25/17	03/25/17	12	Buffalo	ON WATER
SCT1079	48	24	12	2	04/01/17	04/01/17	12	Houston	FINISHING. STUFFING 03/30/17
SCT1079	48	24	12	2	04/08/17	04/08/17	12	Houston	
SCT1079	48	24	12	2	04/15/17	04/15/17	12	Houston	
SCT1079	48	24	12	2	04/22/17	04/22/17	12	Houston	
SCT1079	48	24	12	2	04/29/17	04/29/17	12	Houston	

Dapat dilihat dari Tabel 4.3 diatas, kita bisa mengetahui jumlah permintaan produk *bogie carset* adalah 48 buah *side frame* dan 24 buah *bolster* (12 *carset*) perminggu. Dan jadwal waktu kerja tenaga kerja pada proses produksi *bogie carset* di PT. BI ditetapkan sesuai pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jadwal waktu kerja shift

No.	Hari kerja	Jam kerja	Istirahat	Waktu kerja efektif
1	Senin - Kamis	07.30 - 15.30 WIB	12.00 - 12.45 WIB	7,25 Jam
1	Jum'at	07.30 - 16.00 WIB	11.15 - 13.15 WIB	6,50 Jam
2	Sabtu	07.30 - 12.00 WIB	-	4,50 Jam

Sumber : PT. BI

Dari Tabel 4.4 diatas dapat diketahui bahwa jumlah jam kerja tenaga kerja yang tersedia dalam 1 (satu) minggu untuk 1 shift adalah 40 jam. = 2.400 menit.

Dan pada proses kegiatan yang tetap berlangsung meskipun tidak mengacu pada waktu tenaga kerja, waktu produktif nya dihitung berdasarkan jam kerja maksimal dalam 1 minggu (1440 menit x 7hari), yaitu pada proses *Pouring*, *Cooling*, dan *Heat treatment*.

Tabel 4.5 *Cycle time* proses pengerjaan *side frame*

No.	Nama Proses	No. Proses	Jam kerja (menit)			Keterangan		
			Per hari	hari atau shift	Per minggu	Support	Time (shift)	Operator (per shift)
1	<i>Pouring</i>	1	1440	7	10080	1 tungku	3	1 orang
2	<i>Cooling</i>	2	1440	7	10080	1 tool	3	1 orang
3	<i>Shake Out</i>	3	2400	3	7200	1 machine	3	2 orang
4	<i>Shot Blast 1</i>	4	2400	2	4800	1 machine	2	1 orang
5	Potong (<i>jetling</i>)	5	2400	2	4800	2 tools	2	2 orang
6	<i>Swing grinding</i>	6	2400	2	4800	2 tools	2	2 orang
7	MPI 1 (<i>Hand grinding</i>)	7	2400	2	4800	8 tools	2	8 orang
8	<i>Heat treatment</i>	15	1440	7	10080	2 rooms	3	2 orang
9	<i>Shot Blast 2</i>	16	2400	3	7200	1 machine	3	1 orang
10	MPI 2 (<i>Repair</i>)	17	2400	1,5	3600	5 tools	1,5	5 orang
11	Jig + QC	18	2400	1,5	3600	1 tool	1,5	1 orang
12	<i>Assembling component</i>	23	2400	1,5	3600	2 tools	1,5	2 orang
13	<i>Inspection</i>	25	2400	1	2400	1 tool	1	1 orang
14	<i>Painting</i>	27	2400	1	2400	2 tools	1	2 orang
15	<i>Packing</i>	28	2400	1	2400	2 tools	1	2 orang

Dari Tabel 4.5 dapat dihitung bahwa total waktu produktif untuk proses pengerjaan *side frame* adalah sebesar 81.840 menit. Maka waktu siklus untuk pengerjaan *side frame* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus} &= \text{Total waktu produktif} / \text{unit produk} \\
 &= 81.840 \text{ menit} / 48 \text{ unit} \\
 &= 1.705 \text{ menit/unit.}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 *Cycle time* proses pengerjaan *bolster*

No.	Nama Kegiatan	No. Kegiatan	Jam kerja (menit)			Keterangan		
			Per hari	hari atau shift	Per minggu	Support	Time (shift)	Operator (per shift)
1	<i>Pouring</i>	8	1440	7	10080	1 tungku	3	1 orang
2	<i>Cooling</i>	9	1440	7	10080	1 tool	3	1 orang
3	<i>Shake Out</i>	10	2400	3	7200	1 machine	3	2 orang
4	<i>Shot Blast 1</i>	11	2400	2	4800	1 machine	2	1 orang
5	Potong (<i>felling</i>)	12	2400	2	4800	2 tools	2	2 orang
6	<i>Swing grinding</i>	13	2400	2	4800	2 tools	2	2 orang
7	MPI 1 (<i>Hand grinding</i>)	14	2400	2	4800	5 tools	2	5 orang
8	<i>Heat treatment</i>	15	1440	7	10080	2 rooms	3	2 orang
9	<i>Shot Blast 2</i>	19	2400	3	7200	1 machine	3	1 orang
10	MPI 2 (<i>Repair</i>)	20	2400	1,5	3600	6 tools	1,5	6 orang
11	<i>Machining</i>	21	2400	3	7200	5 machine	3	5 orang
12	Jig + QC	22	2400	1,5	3600	1 tool	1,5	1 orang
13	<i>Assembling component</i>	24	2400	1,5	3600	4 tools	1,5	4 orang
14	<i>Inspection</i>	26	2400	1	2400	1 tool	1	1 orang
15	<i>Painting</i>	29	2400	1	2400	2 tools	1	2 orang
16	<i>Packing</i>	30	2400	1	2400	2 tools	1	2 orang

Dari Tabel 4.6 dapat dihitung bahwa total waktu produktif untuk proses pengerjaan *bolster* adalah sebesar 89.040 menit. Maka waktu siklus untuk pengerjaan *bolster* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus} &= \text{Total waktu} / \text{unit produk} \\
 &= 89.040 \text{ menit} / 24 \text{ unit} \\
 &= 3.710 \text{ menit/unit.}
 \end{aligned}$$

BAB V

PERMODELAN DAN ANALISA HASIL

5.1 Mencari Nilai Waktu Total Minimum Produk *Side frame*

5.1.1 Fungsi tujuan

Fungsi tujuan dari persamaan matematis *binary integer programming* untuk *line balancing* dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan waktu total minimum. Dengan metode ini diharapkan akan mempunyai nilai waktu siklus yang sekecil mungkin.

Berikut persamaan fungsi tujuan untuk pengerjaan produk *side frame* :

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^m a_{ij}X_{ij}$$

$$\text{Min } Z = 197.84X_{0101} + 214.41X_{0102} + 201.39X_{0103} + 277.20X_{0201} + \dots + 8.64X_{2801} + 8.73X_{2802}.$$

Detail rincian deskripsi variabel (X_{ij}) telah dijelaskan pada Tabel 4.1. Dan detail hasil pengukuran waktu aktifitas (a_{ij}) pengerjaan *side frame* terinci ada di Lampiran 2.

5.1.2 Fungsi Pembatas waktu siklus

Waktu total yang ada dalam suatu rangkaian kegiatan, maksimal harus sama dengan waktu siklus yang ada. Sehingga kegiatan-kegiatan yang tergabung dalam satu *workstation* akan memiliki waktu yang tidak boleh melebihi dari waktu siklus.

Persamaan matematis untuk menempatkan kegiatan-kegiatan dengan pembatas waktu siklus masing-masing pada proses produksi *side frame* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &197.84X_{0101} + 214.41X_{0102} + 201.39X_{0103} + 277.20X_{0201} + 267.36X_{0202} + \\ &276.72X_{0203} + 16.5X_{0301} + 16.32X_{0302} + 15.79X_{0303} + 16.21X_{0304} + \\ &16.77X_{0305} + 15.64X_{0306} + 38.55X_{0401} + 38.09X_{0402} + 19.04X_{0501} + \\ &18.79X_{0502} + 19.16X_{0503} + 18.55X_{0504} + 24.13X_{0601} + 27.81X_{0602} + \\ &24.86X_{0603} + 25.04X_{0604} + 27.29X_{0701} + 27.09X_{0702} + 27.46X_{0703} + \\ &27.81X_{0704} + 26.52X_{0705} + 28.27X_{0706} + 27.25X_{0707} + 26.62X_{0708} + \\ &26.33X_{0709} + 26.96X_{0710} + 26.94X_{0711} + 26.21X_{0712} + 26.96X_{0713} + \end{aligned}$$

$$26.79X0714 + 26.50X0715 + 26.24X0716 + 905.86X1501 + 913.68X1502 + 29.32X1601 + 29.42X1602 + 30.37X1603 + 37.04X1701 + 38.66X1702 + 37.76X1703 + 38.81X1704 + 38.25X1705 + 40.36X1801 + 40.95X1802 + 61.71X2301 + 61.42X2302 + 60.77X2303 + 61.88X2304 + 8.13X2501 + 1.25X2701 + 1.25X2702 + 8.64X2801 + 8.73X2802 \leq 1.705 \text{ menit.}$$

5.1.3 Fungsi pembatas proses

Setiap *resource* yang ada harus tergabung ke dalam suatu proses, satu atau lebih *resources* tidak boleh tergabung ke dalam suatu proses yang sama dan hanya dilakukan satu kali saja. Maka contoh persamaan pembatas ketergabungan proses adalah sebagai berikut:

$$X0101 + X0102 + X0103 = 1$$

$$X0201 + X0202 + X0203 = 1$$

$$X0301 + X0302 + X0303 + X0304 + X0305 + X0306 = 1$$

$$X0401 + X0402 = 1$$

$$X0501 + X0502 + X0503 + X0504 = 1$$

$$X0601 + X0601 + X0602 + X0603 + X0604 = 1$$

$$X0701 + X0702 + X0703 + X0704 + X0705 + X0706 + X0707 + X0708 + X0709 + X0710 + X0711 + X0712 + X0713 + X0714 + X0715 + X0716 = 1$$

$$X1501 + X1502 = 1$$

$$X1601 + X1602 + X1603 = 1$$

$$X1701 + X1702 + X1703 + X1704 + X1705 = 1$$

$$X1801 + X1802 = 1$$

$$X2301 + X2302 + X2303 + X2304 = 1$$

$$X2501 = 1$$

$$X2701 + X2702 = 1$$

$$X2801 + X2802 = 1$$

5.1.4 Fungsi keterkaitan antar proses

Fungsi ini berguna untuk menghindari suatu proses mendahului proses lainnya ditempatkan pada proses yang didahuluinya. Hubungan antar proses telah

diketahui berdasarkan Gambar 4.1 *operation process chart* pengerjaan *bogie carset*.

Persamaan fungsi pembatas keterkaitan antar proses adalah sebagai berikut:

$$X0201 - X0101 - X0102 - X0103 \leq 0$$

$$X0202 - X0101 - X0102 - X0103 \leq 0$$

$$X0203 - X0101 - X0102 - X0103 \leq 0$$

$$X0301 - X0201 - X0202 - X0203 \leq 0$$

$$X0302 - X0201 - X0202 - X0203 \leq 0$$

$$X0303 - X0201 - X0202 - X0203 \leq 0$$

$$X0304 - X0201 - X0202 - X0203 \leq 0$$

$$X0305 - X0201 - X0202 - X0203 \leq 0$$

$$X0306 - X0201 - X0202 - X0203 \leq 0$$

$$X0401 - X0301 - X0302 - X0303 - X0304 - X0305 - X0306 \leq 0$$

$$X0402 - X0301 - X0302 - X0303 - X0304 - X0305 - X0306 \leq 0$$

$$X0501 - X0401 - X0402 \leq 0$$

$$X0502 - X0401 - X0402 \leq 0$$

$$X0503 - X0401 - X0402 \leq 0$$

$$X0504 - X0401 - X0402 \leq 0$$

$$X0601 - X0501 - X0502 - X0503 - X0504 \leq 0$$

$$X0602 - X0501 - X0502 - X0503 - X0504 \leq 0$$

$$X0603 - X0501 - X0502 - X0503 - X0504 \leq 0$$

$$X0604 - X0501 - X0502 - X0503 - X0504 \leq 0$$

$$X0701 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0702 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0703 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0704 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0705 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0706 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0707 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0708 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0709 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0710 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

$$X0711 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 \leq 0$$

X0712 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 ≤ 0
 X0713 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 ≤ 0
 X0714 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 ≤ 0
 X0715 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 ≤ 0
 X0716 - X0601 - X0602 - X0603 - X0604 ≤ 0
 X1501 - X0701 - X0702 - X0703 - X0704 - X0705 - X0706 - X0707 - X0708 -
 X0709 - X0710 - X0711 - X0712 - X0713 - X0714 - X0715 - X0716 ≤ 0
 X1502 - X0701 - X0702 - X0703 - X0704 - X0705 - X0706 - X0707 - X0708 -
 X0709 - X0710 - X0711 - X0712 - X0713 - X0714 - X0715 - X0716 ≤ 0
 X1601 - X1501 - X1502 ≤ 0
 X1602 - X1501 - X1502 ≤ 0
 X1603 - X1501 - X1502 ≤ 0
 X1701 - X1601 - X1602 - X1603 ≤ 0
 X1702 - X1601 - X1602 - X1603 ≤ 0
 X1703 - X1601 - X1602 - X1603 ≤ 0
 X1704 - X1601 - X1602 - X1603 ≤ 0
 X1705 - X1601 - X1602 - X1603 ≤ 0
 X1801 - X1701 - X1702 - X1703 - X1704 - X1705 ≤ 0
 X1802 - X1701 - X1702 - X1703 - X1704 - X1705 ≤ 0
 X2301 - X1801 - X1802 ≤ 0
 X2302 - X1801 - X1802 ≤ 0
 X2303 - X1801 - X1802 ≤ 0
 X2304 - X1801 - X1802 ≤ 0
 X2501 - X2301 - X2302 - X2303 - X2304 ≤ 0
 X2701 - X2501 ≤ 0
 X2702 - X2501 ≤ 0
 X2801 - X2701 - X2702 ≤ 0
 X2802 - X2701 - X2702 ≤ 0

5.1.5 Fungsi pembatas biner

Setiap nilai variabel pada persamaan – persamaan diatas adalah biner (bernilai 0 atau 1). Hal ini menunjukkan bahwa nilai variabel tersebut bernilai 1 apabila digunakan dan bernilai 0 apabila tidak digunakan.

Dalam aplikasi *software* LINDO, variabel –variabel tersebut menggunakan kode INT *command*.

5.2 Mencari Nilai Waktu Total Minimum Produk *Bolster*

5.2.1 Fungsi tujuan

Fungsi tujuan dari persamaan matematis *binary integer programming* untuk *line balancing* dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan waktu total minimum dalam pengerjaan *bolster*. Persamaan fungsi tujuan nya sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^m a_{ij}X_{ij}$$

$$\text{Min } Z = 198.81X_{0801} + 197.20X_{0802} + 201.71X_{0803} + 274.80X_{0901} + \dots + 15.40X_{3001} + 15.30X_{3002}$$

Detail rincian deskripsi variabel (X_{ij}) telah dijelaskan pada Tabel 4.2. Dan detail hasil pengukuran waktu aktifitas (a_{ij}) pengerjaan *bolster* terinci ada di Lampiran 4.

5.2.2 Fungsi Pembatas waktu siklus

Persamaan matematis untuk menempatkan kegiatan-kegiatan dengan pembatas waktu siklus masing-masing pada proses produksi *bolster* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &198.81X_{0801} + 197.20X_{0802} + 201.71X_{0803} + 274.80X_{0901} + 270.96X_{0902} + \\ &276.96X_{0903} + 21.15X_{1001} + 21.76X_{1002} + 21.53X_{1003} + 21.79X_{1004} + \\ &21.19X_{1005} + 22.42X_{1006} + 41.93X_{1101} + 42.38X_{1102} + 21.42X_{1201} + \\ &22.25X_{1202} + 22.28X_{1203} + 22.81X_{1204} + 31.55X_{1301} + 32.75X_{1302} + \\ &30.24X_{1303} + 31.23X_{1304} + 31.6624X_{1401} + 29.03X_{1402} + 29.58X_{1403} + \\ &30.50X_{1404} + 30.16X_{1405} + 28.77X_{1406} + 30.78X_{1407} + 31.86X_{1408} + \\ &30.62X_{1409} + 30.32X_{1410} + 894.89X_{1501} + 927.21X_{1502} + 30.49X_{1901} + \\ &31.06X_{1902} + 31.03X_{1903} + 41.27X_{2001} + 39.96X_{2002} + 40.77X_{2003} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&39.44X_{2004} + 40.17X_{2005} + 40.22X_{2006} + 248.69X_{2101} + 253.44X_{2102} + \\
&241.59X_{2103} + 242.63X_{2104} + 251.24X_{2105} + 242.83X_{2106} + 247.31X_{2107} + \\
&250.82X_{2108} + 243.87X_{2109} + 251.72X_{2110} + 251.31X_{2111} + 247.45X_{2112} + \\
&246.76X_{2113} + 250.69X_{2114} + 244.62X_{2115} + 46.53X_{2201} + 48.56X_{2202} + \\
&67.47X_{2401} + 67.12X_{2402} + 67.38X_{2403} + 68.03X_{2404} + 15.82X_{2601} + \\
&1.25X_{2901} + 1.52X_{2902} + 15.40X_{3001} + 15.30X_{3002} \leq 3.710
\end{aligned}$$

5.2.3 Fungsi pembatas proses

Persamaan pembatas ketergabungan pada *workstation* dalam pengerjaan *bolster* adalah sebagai berikut:

$$X_{0801} + X_{0802} + X_{0803} = 1$$

$$X_{0901} + X_{0902} + X_{0903} = 1$$

$$X_{1001} + X_{1002} + X_{1003} + X_{1004} + X_{1005} + X_{1006} = 1$$

$$X_{1101} + X_{1102} = 1$$

$$X_{1201} + X_{1202} + X_{1203} + X_{1204} = 1$$

$$X_{1301} + X_{1302} + X_{1303} + X_{1304} = 1$$

$$\begin{aligned}
&X_{1401} + X_{1402} + X_{1403} + X_{1404} + X_{1405} + X_{1406} + X_{1407} + X_{1408} + X_{1409} \\
&+ X_{1410} = 1
\end{aligned}$$

$$X_{1901} + X_{1902} + X_{1903} = 1$$

$$X_{2001} + X_{2002} + X_{2003} + X_{2004} + X_{2005} + X_{2006} = 1$$

$$\begin{aligned}
&X_{2101} + X_{2102} + X_{2103} + X_{2104} + X_{2105} + X_{2106} + X_{2107} + X_{2108} + X_{2109} \\
&+ X_{2110} + X_{2111} + X_{2112} + X_{2113} + X_{2114} + X_{2115} = 1
\end{aligned}$$

$$X_{2201} + X_{2202} = 1$$

$$X_{2401} + X_{2402} + X_{2403} + X_{2404} = 1$$

$$X_{2601} = 1$$

$$X_{2901} + X_{2902} = 1$$

$$X_{3001} + X_{3002} = 1$$

5.2.4 Fungsi keterkaitan antar kegiatan

Persamaan fungsi pembatas keterkaitan antar kegiatan dalam pengerjaan *bolster* adalah sebagai berikut:

$$X_{0901} - X_{0801} - X_{0802} - X_{0803} \leq 0$$

$X_{0902} - X_{0801} - X_{0802} - X_{0803} \leq 0$
 $X_{0903} - X_{0801} - X_{0802} - X_{0803} \leq 0$
 $X_{1001} - X_{0901} - X_{0902} - X_{0903} \leq 0$
 $X_{1002} - X_{0901} - X_{0902} - X_{0903} \leq 0$
 $X_{1003} - X_{0901} - X_{0902} - X_{0903} \leq 0$
 $X_{1004} - X_{0901} - X_{0902} - X_{0903} \leq 0$
 $X_{1005} - X_{0901} - X_{0902} - X_{0903} \leq 0$
 $X_{1006} - X_{0901} - X_{0902} - X_{0903} \leq 0$
 $X_{1101} - X_{1001} - X_{1002} - X_{1003} - X_{1004} - X_{1005} - X_{1006} \leq 0$
 $X_{1102} - X_{1012} - X_{1002} - X_{1003} - X_{1004} - X_{1005} - X_{1006} \leq 0$
 $X_{1201} - X_{1101} - X_{1102} \leq 0$
 $X_{1202} - X_{1101} - X_{1102} \leq 0$
 $X_{1203} - X_{1101} - X_{1102} \leq 0$
 $X_{1204} - X_{1101} - X_{1102} \leq 0$
 $X_{1301} - X_{1201} - X_{1202} - X_{1203} - X_{1204} \leq 0$
 $X_{1302} - X_{1201} - X_{1202} - X_{1203} - X_{1204} \leq 0$
 $X_{1303} - X_{1201} - X_{1202} - X_{1203} - X_{1204} \leq 0$
 $X_{1304} - X_{1201} - X_{1202} - X_{1203} - X_{1204} \leq 0$
 $X_{1401} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1402} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1403} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1404} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1405} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1406} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1407} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1408} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1409} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1410} - X_{1301} - X_{1301} - X_{1302} - X_{1303} - X_{1304} \leq 0$
 $X_{1501} - X_{1401} - X_{1402} - X_{1403} - X_{1404} - X_{1405} - X_{1406} - X_{1407} - X_{1408} -$
 $X_{1409} - X_{1410} \leq 0$
 $X_{1502} - X_{1401} - X_{1402} - X_{1403} - X_{1404} - X_{1405} - X_{1406} - X_{1407} - X_{1408} -$
 $X_{1409} - X_{1410} \leq 0$

$X_{1901} - X_{1501} - X_{1502} \leq 0$
 $X_{1902} - X_{1501} - X_{1502} \leq 0$
 $X_{1903} - X_{1501} - X_{1502} \leq 0$
 $X_{2001} - X_{1901} - X_{1902} - X_{1903} \leq 0$
 $X_{2002} - X_{1901} - X_{1902} - X_{1903} \leq 0$
 $X_{2003} - X_{1901} - X_{1902} - X_{1903} \leq 0$
 $X_{2004} - X_{1901} - X_{1902} - X_{1903} \leq 0$
 $X_{2005} - X_{1901} - X_{1902} - X_{1903} \leq 0$
 $X_{2006} - X_{1901} - X_{1902} - X_{1903} \leq 0$
 $X_{2101} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2102} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2103} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2104} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2105} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2106} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2107} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2108} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2109} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2110} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2111} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2112} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2113} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2114} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2115} - X_{2001} - X_{2002} - X_{2003} - X_{2004} - X_{2005} - X_{2006} \leq 0$
 $X_{2201} - X_{2101} - X_{2102} - X_{2103} - X_{2104} - X_{2105} - X_{2106} - X_{2107} - X_{2108} -$
 $X_{2109} - X_{2110} - X_{2111} - X_{2112} - X_{2113} - X_{2114} - X_{2115} \leq 0$
 $X_{2202} - X_{2101} - X_{2102} - X_{2103} - X_{2104} - X_{2105} - X_{2106} - X_{2107} - X_{2108} -$
 $X_{2109} - X_{2110} - X_{2111} - X_{2112} - X_{2113} - X_{2114} - X_{2115} \leq 0$
 $X_{2401} - X_{2201} - X_{2202} \leq 0$
 $X_{2402} - X_{2201} - X_{2202} \leq 0$
 $X_{2403} - X_{2201} - X_{2202} \leq 0$
 $X_{2404} - X_{2201} - X_{2202} \leq 0$

$$X2601 - X2401 - X2402 - X2403 - X2404 \leq 0$$

$$X2901 - X2601 \leq 0$$

$$X2902 - X2601 \leq 0$$

$$X3001 - X2901 - X2902 \leq 0$$

$$X3002 - X2901 - X2902 \leq 0$$

5.2.5 Fungsi pembatas biner

Detail *constraint* merujuk pada Sub bab 5.1.5

5.3 Mencari Jumlah Output Maksimal Produk *Side frame*

Berdasarkan data yang ada, juga dapat diketahui jumlah produk *side frame* maksimal yang bisa dihasilkan. Maksimal output produk *side frame* adalah Maksimal X28 dengan pembatas sebagai berikut:

$$204.55X01 \leq 10080$$

$$273.76X02 \leq 10080$$

$$16.21X03 \leq 7200$$

$$38.32X04 \leq 4800$$

$$18.88X05 \leq 4800$$

$$25.46X06 \leq 4800$$

$$26.95X07 \leq 4800$$

$$909.77X15 \leq 20160$$

$$29.70X16 \leq 7200$$

$$38.10X17 \leq 3600$$

$$40.66X18 \leq 3600$$

$$61.45X23 \leq 3600$$

$$8.13X25 \leq 2400$$

$$1.26X27 \leq 2400$$

$$8.68X28 \leq 2400$$

$$X02 - X01 \leq 0$$

$$X03 - X02 \leq 0$$

$$X04 - X03 \leq 0$$

$$X05 - X04 \leq 0$$

$$X06 - X05 \leq 0$$

$$X07 - X06 \leq 0$$

$$X15 - X07 \leq 0$$

$$X16 - X15 \leq 0$$

$$X17 - X16 \leq 0$$

$$X18 - X17 \leq 0$$

$$X23 - X18 \leq 0$$

$$X25 - X23 \leq 0$$

$$X27 - X25 \leq 0$$

$$X28 - X27 \leq 0$$

5.4 Mencari Jumlah Output Maksimal Produk *Bolster*

Jumlah produk *bolster* maksimal yang bisa dihasilkan adalah Maksimal X30 dengan pembatas sebagai berikut:

$$199.24X08 \leq 10080$$

$$274.24X09 \leq 10080$$

$$21.64X10 \leq 7200$$

$$42.15X11 \leq 4800$$

$$22.19X12 \leq 4800$$

$$31.44X13 \leq 4800$$

$$30.33X14 \leq 4800$$

$$911.05X15 \leq 20160$$

$$30.86X19 \leq 7200$$

$$40.31X20 \leq 3600$$

$$247.66X21 \leq 7200$$

$$47.55X22 \leq 3600$$

$$67.50X24 \leq 3600$$

$$15.82X26 \leq 2400$$

$$1.39X29 \leq 2400$$

$$15.35X30 \leq 2400$$

$$X09 - X08 \leq 0$$

$$X10 - X09 \leq 0$$

$X_{11} - X_{10} \leq 0$
 $X_{12} - X_{11} \leq 0$
 $X_{13} - X_{12} \leq 0$
 $X_{14} - X_{13} \leq 0$
 $X_{15} - X_{14} \leq 0$
 $X_{19} - X_{15} \leq 0$
 $X_{20} - X_{19} \leq 0$
 $X_{21} - X_{20} \leq 0$
 $X_{22} - X_{21} \leq 0$
 $X_{24} - X_{22} \leq 0$
 $X_{26} - X_{24} \leq 0$
 $X_{29} - X_{26} \leq 0$
 $X_{30} - X_{29} \leq 0$

5.5 Hasil Analisa

Dari hasil analisa *line balancing* dengan menggunakan rumusan permasalahan diatas dan menggunakan *software* LINDO, diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil analisis jumlah produksi 12 *carset*

No.	Variable	Value	No.	Variable	Value
1	X0101	1,000000	16	X0802	1,000000
2	X0202	1,000000	17	X0902	1,000000
3	X0306	1,000000	18	X1001	1,000000
4	X0402	1,000000	19	X1101	1,000000
5	X0504	1,000000	20	X1201	1,000000
6	X0601	1,000000	21	X1303	1,000000
7	X0712	1,000000	22	X1406	1,000000
8	X1501	1,000000	23	X1501	1,000000
9	X1601	1,000000	24	X1901	1,000000
10	X1701	1,000000	25	X2004	1,000000
11	X1801	1,000000	26	X2103	1,000000
12	X2303	1,000000	27	X2201	1,000000
13	X2501	1,000000	28	X2402	1,000000
14	X2701	1,000000	29	X2601	1,000000
15	X2801	1,000000	30	X2901	1,000000
			31	X3002	1,000000

Dari Tabel 5.1 dapat diambil kesimpulan bahwa untuk mendapatkan hasil yang optimal, proses pengerjaan *side frame* harus melalui variabel – variabel sebagai berikut:

- X0101 = Proses *Pouring side frame* di shift 1 oleh operator 1
- X0202 = Proses *Cooling side frame* di shift 2 oleh operator 2
- X0306 = Proses *Shake out side frame* di shift 3 oleh operator 6
- X0402 = Proses *shot blast 1 side frame* di shift 2 oleh operator 2
- X0504 = Proses *fetling side frame* di shift 2 oleh operator 4
- X0601 = Proses *swing grinding side frame* shift 1 oleh operator 1
- X0712 = Proses *MPI side frame* di shift 2 oleh operator 12
- X1501 = Proses *HT side frame* di room 1
- X1601 = Proses *shot blast 2 side frame* di shift 1 oleh operator 1
- X1701 = Proses *MPI 2 side frame* di 1 shift oleh operator 1
- X1801 = Proses *Jig & QC side frame* di 1 shift oleh operator 1
- X2303 = Proses *assembling side frame* di 1/2 shift oleh operator 1
- X2501 = Proses *inspection side frame* oleh 1 operator
- X2701 = Proses *painting side frame* di shift 1 oleh operator 1
- X2801 = Proses *packing side frame* di shift 1 oleh operator 2

Dari Tabel 5.1 juga dapat diambil kesimpulan bahwa untuk mendapatkan hasil yang optimal, proses pengerjaan *bolster* harus melalui variabel – variabel sebagai berikut:

- X0801 = Proses *Pouring bolster* di shift 1 oleh operator 1
- X0902 = Proses *Cooling bolster* di shift 2 oleh operator 2
- X1001 = Proses *Shake out bolster* di shift 3 oleh operator 1
- X1101 = Proses *shot blast 1 bolster* di shift 1 oleh operator 1
- X1201 = Proses *fetling bolster* di shift 1 oleh operator 1
- X1303 = Proses *swing grinding bolster* di shift 2 oleh operator 3
- X1406 = Proses *MPI 1 bolster* di shift 2 oleh operator 6
- X1501 = Proses *HT bolster* di room 1
- X1901 = Proses *shot blast 2 bolster* di shift 1 oleh operator 1
- X2004 = Proses *MPI 2 bolster* di 1 shift oleh operator 4
- X2103 = Proses *machining bolster* di shift 1 oleh operator 3

X2201 = Proses *jig & QC bolster* di 1 shift oleh operator 1
X2402 = Proses *assembling bolster* di 1 shift oleh operator 2
X2601 = Proses *inspection bolster* oleh 1 operator
X2901 = Proses *painting bolster* di shift 1 oleh operator 1
X3002 = Proses *packing bolster* di shift 1 oleh operator 2

Dari hasil analisis perhitungan pada Tabel 5.1, diperoleh waktu minimal pengerjaan produk *side frame* sebesar 1.679,19 menit (28 jam), sehingga dapat disimpulkan untuk proses *line balancing* pengerjaan *side frame* ini terdapat efisiensi waktu sebesar $1.705 \text{ menit} - 1.679,19 \text{ menit} = 25,81 \text{ menit}$.

Dan untuk waktu minimum pengerjaan produk *bolster* sebesar 1.964,1 menit (32,7 jam), sehingga dapat disimpulkan untuk proses *line balancing* pengerjaan *bolster* ini terdapat efisiensi waktu sebesar $3.710 \text{ menit} - 1.964,1 \text{ menit} = 1.745,9 \text{ menit}$.

Berdasarkan hasil *running software* LINDO diketahui jumlah *output* maksimal untuk produk *side frame* adalah sebesar 49 unit dan jumlah *output* produk *bolster* adalah sebesar 29 unit.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan dan analisa data yang dilakukan pada proses produksi *bogie carset* di PT. BI, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah kegiatan yang ada dalam proses produksi *bogie carset* ini adalah sejumlah 31 kegiatan yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu *operation process chart*.
2. Rentang waktu tunggu dari kegiatan sebelumnya terkadang cukup lama, hal ini dikarenakan waktu standar dari tiap – tiap proses pengerjaan sangat bervariasi.
3. Berdasarkan hasil optimasi *line balancing* menggunakan *software* diketahui waktu minimum untuk mengerjakan *side frame* adalah sebesar 1.679,19 menit dan terdapat efisiensi waktu sebesar 25,81 menit.
4. Berdasarkan hasil optimasi *line balancing* menggunakan *software* diketahui waktu minimum untuk mengerjakan *bolster* adalah sebesar 1.964,1 menit dan terdapat efisiensi waktu sebesar 1.745,9 menit.
5. Berdasarkan hasil *running software* diketahui jumlah *output* maksimal untuk produk *side frame* adalah sebesar 49 unit dan jumlah *output* maksimal produk *bolster* adalah sebesar 29 unit.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan kepada perusahaan untuk melakukan optimasi *line balancing*, sehingga dapat meningkatkan produktifitas yang lebih besar dari sebelumnya.
2. Ada baiknya dilakukan lagi *breakdown* proses produksi sehingga didapatkan waktu perhitungan yang lebih rinci.
3. Setiap melakukan pengukuran waktu kerja (*time study*), hendaknya dilakukan sesuai langkah yang tepat sehingga didapatkan hasil yang akurat.

4. Waktu longgar dan *performance rating* merupakan salah satu faktor penentu dalam menentukan waktu standart, oleh karena itu perlu adanya kebijakan dalam memberikan waktu yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Besterfield, Dale H. (2000). *Quality Control*. USA: Prentice Hall International.
- Chase, R B., Jacobs, F R dan Aquilano, N J. (1998). *Operation Management for Competitive Advantage*. New York: Mc.Graw-Hill Companies.
- Lewin, R I. dan Rubin D S., (1998). *Statistic for Management*. USA: Prentice Hall International.
- Siagian, P. (1987). *Penelitian Operasional: Teori dan Praktek*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Taha, Hamdy A. (1997). *Operation Research on introduction*. USA: Prentice Hall International.
- Hillier, Frederick S. dan Lieberman, Gerald J. (2010). *Introduction to Operation Research*. USA: McGraw Hill International Edition.
- Mulyono, Sri. (2002). *Riset Operasi: Teori dan Praktek*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universtas Indonesia.
- Wignjosoebroto, sritomo, (2003), Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja, Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- Wignjosoebroto, sritomo, (1995), Ergonomi, Studi gerak dan Waktu : Teknik analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja, Edisi 1, Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- Handiwibowo, Gogor dan Shahab, (2007), Analisa *line balancing* proses *assembly line* dengan *binary integer programming* (studi kasus pada industri pembuatan sandal X), Surabaya.
- Husin dan Shahab, Abdullah, (2014), Aplikasi *Binary Integer Programming* untuk Peningkatan Efisiensi Lintasan Sebagai Fungsi Output Produksi di PT. Indojaya Prima Semester Pasuruan, ISBN : 978-602-97491-9-9
- Barata.co.id. (2015). Ekspor perdana ke mexico. Diakses pada website [http://www.barata.co.id/posts/ekspor-perdana bogie ke mexico/](http://www.barata.co.id/posts/ekspor-perdana-bogie-ke-mexico/).

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 :

Data pengukuran waktu proses pengerjaan *side frame*

LAMPIRAN 2 :

Data perhitungan waktu proses pengerjaan *side frame*

LAMPIRAN 3 :

Data pengukuran waktu proses pengerjaan *bolster*

LAMPIRAN 4 :

Data perhitungan waktu proses pengerjaan *bolster*

LAMPIRAN 5 :

Data penilaian *performance rating* masing – masing proses produksi

LAMPIRAN 6 :

Hasil *running software* proses optimasi

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1. Data pengukuran waktu proses pengerjaan *side frame*

No	Nama Proses	No. Proses	Var.	Pencatatan Waktu (menit)																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Pouring	1	X0101	150	160	145	140	150	165	160	150	170	140	145	140	150	155	160	145	160	170	160	155
2			X0102	170	160	165	175	180	155	185	155	160	170	175	165	185	145	160	175	150	155	177	165
3			X0103	130	145	160	155	170	173	160	150	155	160	145	140	165	150	165	177	163	180	147	135
4	Cooling	2	X0201	240	210	235	220	230	240	230	255	245	225	220	210	245	255	220	210	255	220	240	215
5			X0202	235	225	210	250	215	220	215	240	205	217	225	240	200	225	230	205	227	207	213	252
6			X0203	240	247	228	208	217	210	248	250	246	238	217	228	234	241	251	227	215	222	206	239
7	Shake out	3	X0301	12	10,5	14,5	12,75	11,75	11	11,5	14,5	14	12	13	15	14,5	13,5	15,5	13	13,5	11,5	14	12,5
8			X0302	11,5	14	15	12,5	13,5	13	14,5	13,75	15	12,75	12,5	13	11	10,5	14	13	12	13,75	10,5	12
9			X0303	12	13,75	10,5	13	14,5	13,5	14	13	12	12,5	10,5	14,5	13,75	10,75	11,5	10,5	11,5	11	14	12,5
10			X0304	11,5	12	12,75	11,75	13	11	10,5	14	15	12,75	12	14,8	12,9	15	12,5	13,5	10,5	12,75	13	14,75
11			X0305	14,6	15,75	13	12,75	12,5	13,5	14	12	10,5	12,75	11	14	15,25	14	13,75	13,5	15,25	12,75	12,5	11,5
12			X0306	13	14,5	10,75	11	10	14,5	13,75	12,75	12	10,5	11	12,75	12,5	11,5	13,5	12,5	13,75	10,75	12	14
13	Shot blast 1	4	X0401	30	29	31	28	27	32	30	28	32	28	30	27	31	28	32	29	30	32	28	31
14			X0402	31	29	32	26	29	33	27	28,5	31,5	30	27,5	29,5	31,5	32	27	25,5	24	28,5	31	32,5
15	fetling	5	X0501	15	17	11	15	12	14	15	16	14	13	15	12	14	15	13	17	15	16	14	15
16			X0502	12,5	16	14,5	11,5	13	15	13,5	14	16	12,5	15	13,5	12,5	17	14,5	15,5	13	13,75	16,5	14,5
17			X0503	14,5	16	13,5	15,5	17	12,5	13	14,75	11,5	13,5	15,5	12,75	16,5	17,5	15	13,5	13,75	14	13,5	16
18			X0504	13	14,5	15,5	13,5	16	16,75	13,75	11,75	12,5	14	13	12	15,5	11,85	12,5	14	16,5	16	14,5	13,5
19	Swing grinding	6	X0601	20	17	18	15	19	17	15	19	16	19	20	21	19	17	16	18	15	19	20	16
20			X0602	16	21,5	20	21	22	18	19,5	22,5	24,5	19,75	21,75	22	24	17	18,5	21	19,75	17,75	22	21,75
21			X0603	18,75	17	20,5	16	14,5	16,5	18	17	19,5	20,5	19	17,5	19,75	21	20,5	18,75	15	19	18,5	19,5
22			X0604	18	19	18,5	20,5	21	19	21,5	18	17,5	19,75	18,75	15	19	16	15,65	17	18	17,5	18,75	21
23	MPI (Hand grinding)	7	X0701	21	20	19	18	19	21	22	18	19	23	21	20	22	21	19	18	22	21	19	23
24			X0702	20,5	19	18,75	21,5	22,5	20	21	21,5	19,75	18	17,5	19,75	20,5	18	19	22	22,75	20,75	18,75	21,5
25			X0703	21,5	20	22,75	19	19,75	19	22	19	18,75	20,5	22	20	23,5	19,75	21	20	19	17	23	21
26			X0704	17,75	19,75	20,5	23	22,5	18	22	19	21,5	18	22,25	23	21,5	20	22,25	19,75	22,5	21	20,5	19
27			X0705	18	19	20	21	17,75	19	19	20,5	22,75	21,75	17,5	19,75	18	19,75	21	22	23,5	16,75	17,75	19,75
28			X0706	19,75	22	23	21,5	19	21	23	21,25	18	19,75	21,5	22,5	23	22,5	18	19,75	21,85	19,75	23,5	20
29			X0707	19	18,75	19	22	18,75	22	21	20	22,25	21,5	22,25	19,75	21,5	22,25	23,25	17,75	16,9	18	19	20,5
30			X0708	23	22	21,5	21	19	18	20	17,5	19,75	18	16,75	17,5	18	19	21	23	20	19,5	19,5	22
31			X0709	19,75	18	17,5	19	17,75	19	22	19,75	21,5	22,75	20,5	22	16,75	19,75	18	17,5	19,25	20,5	18,5	22
32			X0710	18	19	21,5	18	20,5	23	21	17,75	19,25	18	21,5	23,5	17,75	22,5	21,5	17,75	19	21	23	17,5

Lampiran 1. Data pengukuran waktu proses pengerjaan *side frame* (lanjutan)

No	Nama Proses	No. Proses	Var.	Pencatatan Waktu (menit)																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
33	MPI (Hand grinding)	7	X0711	19,5	20	17,5	22	19,5	21	19	23	21,5	19	17,75	21	17	22	18,75	19	18,75	22,5	23	19
34			X0712	18,75	19,5	21,5	17,75	20,75	20	18	18	16,75	17,5	21,35	19,5	21	18,75	17,5	19,75	23	22	18	20,5
35			X0713	19,7	18,75	22	21,5	19	22	22	18,75	22,25	19,75	18	22	19,75	20,5	17	18,8	20,5	17,5	22,25	19
36			X0714	18,5	22,25	18,25	18	17,25	21	21	21	17,5	17	23	21,5	20	19	21	22	20,5	18	19,75	22
37			X0715	19	21,5	17,75	23	21,5	19	19	21,75	17,5	19,75	20	17	19,75	21,25	18	19,75	19	22	20,25	17,5
38			X0716	19,5	18,5	17	21,5	20	18	23	18	19,25	16,9	16,75	21	22,5	21	18	19	19,75	22	21,75	17
39	Heat treatment	15	X1501	710	760	789	828	815	750	765	840	798	770	753	795	775	783	820	780	790	738	720	750
40			X1502	830	775	790	820	810	750	880	850	750	790	825	735	835	770	760	745	738	740	755	715
41	Shot blast 2	16	X1601	25	23	21	24	26	25	24	22	24	21	25	24	26	22,5	25	22	24	23	25	24
42			X1602	24	21	25	24	26	26	25	22	24	23	25,75	22,5	23	25,75	24	21	25	21,75	26	24,25
43			X1603	24	26	25	27	26	25,5	21	24	26	25	24	23	25	24,5	23,5	26,5	23,75	25	24,75	23
44	MPI 2 (repair)	17	X1701	28	25	26	30	27	26	29	30	25	24	28	26	30	25	29	28	31	29	28	27
45			X1702	24,5	27,75	30	29,75	25,29	30	29,75	25,5	26	30	27	32	31,5	29	28,75	31	30,75	32	25,5	29
46			X1703	28,75	31	23	25	24,5	23,5	31	29	28	29,75	30	27	26	27,75	29,75	25,9	28,75	32	30	31
47			X1704	31	29	28	30	29,75	25,29	32	29,5	27	30	29,75	25,25	30	29,75	28,75	26,5	32	30,25	26,5	27
48			X1705	24,5	30,5	25,5	26	30	29,5	26,5	28,5	29,5	27,75	29,5	29,5	30	26,75	30,25	29	27	28,75	31	29
49	Jig & QC	18	X1801	31	28,5	29	30	32	33	29	29,5	28	30	31	32	30	29	27	30	28	28,5	31	29
50			X1802	29,5	33	32,75	27	28,75	29,75	32,5	31,75	28,75	33	29,75	28,75	30,75	27,75	29	33	32	30,5	29	27
51	Assembling component	23	X2301	46	52,5	47	44	43	49	48	42,5	47	45	49	43	44	46	48	49	46	47,5	48	49
52			X2302	44,5	49,5	47,5	48	42	43	45,5	48,5	49,25	45	46,5	47,25	49	48	44	45,5	47	42	49	48
53			X2303	47	43,5	42	45	41,75	46	47,5	46	45	44,5	48	46,25	48	49	42	51,5	44	48	46	48,25
54			X2304	49	43	44	46	48	51,5	46	47,5	48	49	47	43,5	44	45	49,5	46	47,5	46	51	44,5
55	Inspection	25	X2501	6	7	6,5	5,5	6	7	6,75	5,75	6,25	7	7,25	6,25	5	5,75	6	7	5,5	5,25	6,25	5
56	Painting	27	X2701	0,9	1,1	0,85	0,97	1	0,95	0,83	0,98	1,2	0,79	0,88	0,9	1	0,97	0,99	0,89	1,2	0,98	0,99	1
57			X2702	1,1	0,96	0,9	1	1,17	0,88	0,8	0,96	0,9	0,88	1,2	1,05	0,98	0,96	1	0,99	1,1	0,9	0,85	1,15
58	Packing	28	X2801	6,6	6,75	6,25	6,5	6,3	6,7	7	6,8	7,6	6	7	6,75	6,4	6,25	6,7	6,6	6,9	5,9	5,85	6,9
59			X2802	6,65	6,25	7	6,75	6,4	6,8	6,85	7	7,4	5,85	6,75	6,5	6,8	7,25	5,9	6,6	7	6	5,95	7,4

Lampiran 2. Data perhitungan waktu proses pengerjaan *side frame*

NO.	Nama Proses	No. Proses	Var.	X	Sd	BKA	BKB	Rf	WN	WB	Rata-rata
1	<i>Pouring</i>	1	X0101	153,50	9,47	181,92	125,08	1,16	178,06	197,84	204,55
2			X0102	166,35	11,43	200,64	132,06		192,97	214,41	
3			X0103	156,25	13,63	197,14	115,36		181,25	201,39	
4	<i>Cooling</i>	2	X0201	231,00	15,36	277,07	184,93	1,08	249,48	277,20	273,76
5			X0202	222,80	14,94	267,63	177,97		240,62	267,36	
6			X0203	230,60	14,85	275,14	186,06		249,05	276,72	
7	<i>Shake out</i>	3	X0301	13,03	1,42	17,27	8,78	1,14	14,85	16,50	16,21
8			X0302	12,89	1,35	16,94	8,83		14,69	16,32	
9			X0303	12,46	1,39	16,64	8,28		14,21	15,79	
10			X0304	12,80	1,40	17,01	8,58		14,59	16,21	
11			X0305	13,24	1,40	17,45	9,04		15,10	16,77	
12			X0306	12,35	1,39	16,52	8,18		14,08	15,64	
13	<i>Shot blast 1</i>	4	X0401	29,65	1,73	34,83	24,47	1,17	34,69	38,55	38,32
14			X0402	29,30	2,55	36,94	21,66		34,28	38,09	
15	<i>fetling</i>	5	X0501	14,40	1,60	19,21	9,59	1,19	17,14	19,04	18,88
16			X0502	14,21	1,50	18,72	9,70		16,91	18,79	
17			X0503	14,49	1,61	19,31	9,66		17,24	19,16	
18			X0504	14,03	1,58	18,78	9,28		16,70	18,55	
19	<i>Swing grinding</i>	6	X0601	17,80	1,88	23,44	12,16	1,22	21,72	24,13	25,46
20			X0602	20,51	2,25	27,27	13,76		25,03	27,81	
21			X0603	18,34	1,87	23,94	12,74		22,37	24,86	
22			X0604	18,47	1,77	23,78	13,16		22,53	25,04	
23	<i>MPI (Hand grinding)</i>	7	X0701	20,30	1,63	25,18	15,42	1,21	24,56	27,29	26,95
24			X0702	20,15	1,55	24,80	15,50		24,38	27,09	
25			X0703	20,43	1,66	25,41	15,44		24,71	27,46	
26			X0704	20,69	1,72	25,85	15,52		25,03	27,81	
27			X0705	19,73	1,86	25,31	14,14		23,87	26,52	
28			X0706	21,03	1,69	26,10	15,96		25,45	28,27	
29			X0707	20,27	1,82	25,73	14,81		24,53	27,25	
30			X0708	19,80	1,88	25,44	14,16		23,96	26,62	
31			X0709	19,59	1,78	24,92	14,25		23,70	26,33	
32			X0710	20,05	2,07	26,26	13,84		24,26	26,96	
33			X0711	20,04	1,84	25,56	14,51		24,25	26,94	
34			X0712	19,49	1,74	24,71	14,27		23,59	26,21	
35			X0713	20,05	1,70	25,15	14,95		24,26	26,96	
36			X0714	19,93	1,86	25,50	14,35		24,11	26,79	
37			X0715	19,71	1,71	24,83	14,60		23,85	26,50	
38			X0716	19,52	2,00	25,53	13,51		23,62	26,24	
39	<i>Heat treatment</i>	15	X1501	776,45	34,61	880,28	672,62	1,05	815,27	905,86	909,77
40			X1502	783,15	45,16	918,62	647,68		822,31	913,68	
41	<i>Shot blast 2</i>	16	X1601	23,78	1,49	28,25	19,30	1,11	26,39	29,32	29,70
42			X1602	23,86	1,65	28,81	18,90		26,48	29,42	
43			X1603	24,63	1,41	28,86	20,39		27,33	30,37	

Lampiran 2. Data perhitungan waktu proses pengerjaan *side frame* (lanjutan)

NO.	Nama Proses	No. Proses	Var.	X	Sd	BAK	BKB	Rf	WN	WB	Rata-rata
44	<i>MPI 2 (repair)</i>	17	X1701	27,55	2,01	33,59	21,51	1,21	33,34	37,04	38,10
45			X1702	28,75	2,38	35,88	21,62		34,79	38,66	
46			X1703	28,08	2,67	36,08	20,08		33,98	37,76	
47			X1704	28,86	2,02	34,92	22,80		34,93	38,81	
48			X1705	28,45	1,83	33,93	22,97		34,42	38,25	
49	<i>Jig & QC</i>	18	X1801	29,78	1,53	34,38	25,17	1,22	36,33	40,36	40,66
50			X1802	30,21	2,02	36,29	24,14		36,86	40,95	
51	<i>Assembling component</i>	23	X2301	46,68	2,56	54,36	38,99	1,19	55,54	61,71	61,45
52			X2302	46,45	2,39	53,63	39,27		55,28	61,42	
53			X2303	45,96	2,56	53,63	38,29		54,70	60,77	
54			X2304	46,80	2,44	54,11	39,49		55,69	61,88	
55	<i>Inspection</i>	25	X2501	6,15	0,70	8,25	4,05	1,19	7,32	8,13	8,13
56	<i>Painting</i>	27	X2701	0,97	0,11	1,29	0,65	1,16	1,12	1,25	1,26
57			X2702	0,99	0,11	1,32	0,65		1,14	1,27	
58	<i>Packing</i>	28	X2801	6,59	0,42	7,86	5,32	1,18	7,77	8,64	8,68
59			X2802	6,66	0,48	8,09	5,22		7,85	8,73	

Lampiran 3. Data pengukuran waktu proses pengerjaan *bolster*

No	Nama Proses	No. Proses	Var.	Pencatatan Waktu (menit)																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Pouring	8	X0801	155	150	140	150	145	160	155	170	160	145	140	150	165	160	150	165	160	170	140	155
2			X0802	160	140	165	140	170	155	150	140	150	145	160	165	145	140	150	170	155	145	165	150
3			X0803	165	155	150	140	150	145	160	155	160	145	160	170	160	155	145	165	160	155	170	165
4	Cooling	9	X0901	230	255	245	225	220	210	255	220	210	255	220	240	215	220	240	210	235	220	230	225
5			X0902	215	240	205	217	225	240	225	230	205	227	207	213	252	250	235	225	210	250	215	230
6			X0903	248	250	246	238	217	228	241	251	227	215	222	206	239	208	240	247	228	208	217	240
7	Shake out	10	X1001	14	16	15	17	19	18	15	18	15	14	16	18	17	16	18	17	21	16	16	18
8			X1002	19	15	17	16	18	17	17	17,5	18	19	15	21	18	17	16	18	15	14	17	19
9			X1003	19	16	14	17	15	18	16	19	17	20	15	17	18	17	21	15	14	16	18	18
10			X1004	18	15	14	16	15	17	19	18	16	18	19	20	18	16	20	18	19	15	17	16
11			X1005	17,5	18	19	15	17	16	18	17	21	16	15	17	19	14	18	15	14	16	15	17
12			X1006	19	17	20	19	18	17	16	18	15	14	16	17	21	20	18	19	17	16	18	19
13	Shot blast 1	11	X1101	27	32	34	31	37	35	29	31	35	31	28	30	33,5	31	35	32	32,5	36	31	34
14			X1102	29	30	28	31	27	32,5	34	33	34,5	30,5	29	35	32	33	36	35,5	37	34	36	35
15	Fetling	12	X1201	17	19	14	17,5	13,5	16	17	18	15,5	15	14,5	16,5	16,5	17	15	19	12	18	16	17
16			X1202	16	15,5	17	18	14,5	13	18,5	19	16,5	17	18,5	19	17,5	18	16,5	16	14,5	15,5	18	18
17			X1203	18	17,5	18	16,5	19	17	16,5	15	15,5	14	13,5	15	16,5	17	18	17,5	18	19	17	18,5
18			X1204	17	16	17,5	15,5	14	17	17,5	19	18,5	20	19,5	18	18,5	17	16,5	15	16	17,5	16	19
19	Swing grindig	13	X1301	25	22	23	18	24	22	25,5	23,75	21	24,5	26,5	26	24	23	21	25,25	23	21	19	28
20			X1302	23	24	22	25	23	18	26,5	25,5	24,75	21	22,5	20	26	26,5	25	24,5	25,5	26	27,5	27
21			X1303	26	23	18	21,5	22,5	22	21,5	23	26	22,75	20	21,7	19,75	21,75	22	25,95	18,75	22	25	23
22			X1304	24	20,5	19	25	23	21,5	26,5	25,5	20	23	19,75	26,5	25	24,5	25,5	22	19	21,5	23	26
23	MPI 1 (hand grinding)	14	X1401	24	23,75	22	21	22,5	24,5	25	23,5	22,75	26	24	23	25	24	26	20	22	21	28	23
24			X1402	23	26	22,75	20	22,5	23	22,5	22,75	19,7	18,75	19	26	17	21,7	19,75	21,75	22	22,5	19,75	21,5
25			X1403	21,5	20	23	19,75	24,5	20,5	19	25	23	19	18	24	17,75	23,5	25	24,5	25,5	21	23,5	22
26			X1404	23,5	22,75	26	24	25	23,75	22	21	22,5	19,75	18,75	23	18	23	25	24	26	22	20,75	23
27			X1405	21,5	19	26	27	21,7	25,5	19,7	18,75	19	21,5	22,5	25	20,5	24	20,5	24	25	23	21,5	23
28			X1406	23	18	21,5	22,5	22,75	25,5	20	23	19,75	20	22	24	23	19	18	21	23	19,75	22,5	19,75
29			X1407	20,5	19	25	23	26	23	19,75	25,5	25	24,5	19,7	26	24,5	20	23	19,75	26,5	23	19,75	24,5
30			X1408	23,75	22	21	22,5	24	26	24	23	25	24	23	20	25	22,75	26	24	23	26	24	25
31			X1409	26	22,75	20	22,5	23	25,5	18,75	19	21,5	23	22,5	27	21,7	22,5	23	22,5	27	23	19,75	24,5
32			X1410	20	23	19,75	24,5	20,5	26	20	22	21	20,5	19	25	25,5	20	23	19,75	26,5	26	24	25

Lampiran 3. Data pengukuran waktu proses pengerjaan *bolster* (lanjutan)

No	Nama Proses	No. Proses	Var.	Pencatatan Waktu (menit)																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
33	<i>Heat treatment</i>	15	X1501	710	760	789	828	815	750	765	840	695	770	753	795	775	783	820	780	705	738	720	750
34			X1502	790	775	815	845	850	750	880	850	750	790	760	770	725	740	825	870	770	790	785	765
35	<i>Shot blast 2</i>	19	X1901	21	23,5	27	24	26	25	22	26	24	28	25	24,5	26,5	26	25	23,5	25,5	23	25	24
36			X1902	24,5	27,5	26	25	23,5	26	25	27	23,5	25,5	27,5	26	25,5	23	25	24	25,75	23	24,5	26
37			X1903	23,5	26	25	22	26	24	28	26,5	25	23,5	25,5	23	29,75	26	22	22	26	24	28	27,5
38	<i>MPI 2 (repair)</i>	20	X2001	31	28	29	33	30	29	31	33	28	27	31	29	33	28	32	31	35	34	32	30
39			X2002	29	30,5	31	29,5	27,75	27	28,5	27	28	29,5	30	32	33,5	27,5	33	26,75	33	31,25	30	29,75
40			X2003	33	33,5	35	27	30	31	29	29,75	32	28	29	31	30	28,5	28	30	28	29,75	32	32
41			X2004	30	27,5	34	28,5	33	29	27,75	31	31	25,75	28,75	35	29,75	33	27	31	27	25,75	27	25
42			X2005	29	33	32	27	27	33	28	33	35	29	29,75	34	28	29	31	29	31	28,75	27	24
43			X2006	28,75	26,75	30	31,5	28	30	33	29	34	31	30,5	32	27,75	27,75	29	29,75	28	32	33	26,5
44	<i>Machining</i>	21	X2101	180	190	185	200	170	160	185	190	175	200	190	182	188	190	180	170	165	175	165	170
45			X2102	170	200	190	185	195	195	182	190	160	170	175	175	182	200	190	185	195	195	160	185
46			X2103	160	180	170	165	175	165	180	182	155	175	180	195	188	170	175	190	150	185	177	190
47			X2104	185	160	170	190	180	175	195	185	185	155	130	170	160	185	182	175	180	195	185	180
48			X2105	190	180	170	200	190	180	182	200	190	180	190	185	195	190	200	125	180	170	160	190
49			X2106	175	190	185	190	180	160	188	170	135	175	180	165	182	175	200	180	155	185	170	185
50			X2107	175	160	160	185	190	175	190	160	180	190	180	175	175	190	200	190	180	170	165	200
51			X2108	180	195	182	175	180	195	182	182	195	180	190	165	180	160	190	140	190	185	200	195
52			X2109	190	185	200	190	180	170	165	188	170	160	150	170	195	180	175	165	170	180	175	182
53			X2110	180	185	190	180	190	185	200	170	182	125	190	185	195	195	182	175	180	195	195	175
54			X2111	170	200	190	185	195	195	160	150	188	170	175	190	190	185	200	190	180	170	185	180
55			X2112	185	200	175	190	170	185	175	165	190	160	180	180	182	185	190	180	135	185	185	195
56			X2113	185	170	160	150	170	195	180	175	190	185	200	190	180	170	160	185	190	190	175	182
57			X2114	190	180	180	190	180	195	190	160	195	180	190	165	180	160	190	195	182	182	195	160
58			X2115	180	190	195	182	182	195	155	160	170	160	180	175	180	165	182	175	190	180	170	185
59	<i>Jig & QC</i>	22	X2201	35	37	29	34	36	33	35	29,5	36	34,5	37,5	35,25	33	34,5	28	30	38,5	37	36	37,75
60			X2202	30	31	29,5	38	37	36,75	38,75	37,5	36,5	35	37	38,5	37,75	36,5	33,5	36,5	38	37,75	36,5	34,5
61	<i>Assembling component</i>	24	X2401	51	49	40	44	48	54	59	48,5	51,5	57	52,5	54	50,5	56	53	54	44	52,5	47	55
62			X2402	51,5	44	50	54	50,5	51	50,5	47,75	49,75	54	48,75	44	54	54	49	51	56	59	48,5	48
63			X2403	57	52,5	48,75	44	56	53	56	48,75	50,75	48	44	52,5	50,5	59	48,75	50,5	48,75	48,5	51,5	50,5
64			X2404	54	47	56	52,5	53	48	53	49	51	50,5	56	47	51	48,5	49,5	47,75	50,75	51,5	57	56

Lampiran 3. Data pengukuran waktu proses pengerjaan *bolster* (lanjutan)

No	Nama Proses	No. Proses	Var.	Pencatatan Waktu (menit)																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
65	<i>Inspection</i>	26	X2601	12	13,5	13	12,5	13	11,5	13,5	11,5	12,5	14	13,75	12,5	11	11,5	12	9	10,5	10,25	11	10,75
66	<i>Painting</i>	29	X2901	0,9	1,1	0,85	0,97	1	0,95	0,83	0,98	1,2	0,79	0,88	0,9	1	0,97	0,99	0,89	1,2	0,98	0,99	1
67			X2902	1,25	1	1,25	1,15	1	1,2	1,5	1,25	1,3	1,25	0,95	1,05	1,2	1,25	1,22	1,15	1,19	1,12	1,1	1,28
68	<i>Packing</i>	30	X3001	11	12,75	11,25	10,5	10,3	13,7	11,75	9,8	12,6	11	13,2	12	10,5	10,25	14,5	13	12,25	11,75	10,85	11,9
69			X3002	12,5	13	11,7	12,25	11	9,5	10,5	12	11	14,5	13	12,25	11,75	12	9,75	10	11	13	12,75	10

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 4. Data perhitungan waktu proses pengerjaan *bolster*

NO.	Nama Proses	No. Proses	Var.	X	Sd	BA	BB	Rf	WN	WB	Rata-rata
1	<i>Pouring</i>	8	X0801	154,25	9,50	182,74	125,76	1,16	178,93	198,81	199,24
2			X0802	153,00	10,31	183,93	122,07		177,48	197,20	
3			X0803	156,50	8,60	182,30	130,70		181,54	201,71	
4	<i>Cooling</i>	9	X0901	229,00	15,01	274,03	183,97	1,08	247,32	274,80	274,24
5			X0902	225,80	15,09	271,07	180,53		243,86	270,96	
6			X0903	230,80	15,13	276,20	185,40		249,26	276,96	
7	<i>Shake out</i>	10	X1001	16,70	1,75	21,95	11,45	1,14	19,04	21,15	21,64
8			X1002	17,18	1,70	22,26	12,09		19,58	21,76	
9			X1003	17,00	1,92	22,76	11,24		19,38	21,53	
10			X1004	17,20	1,77	22,50	11,90		19,61	21,79	
11			X1005	16,73	1,82	22,18	11,27		19,07	21,19	
12			X1006	17,70	1,78	23,04	12,36		20,18	22,42	
13	<i>Shot blast 1</i>	11	X1101	32,25	2,68	40,28	24,22	1,17	37,73	41,93	42,15
14			X1102	32,60	2,93	41,38	23,82		38,14	42,38	
15	<i>Fetling</i>	12	X1201	16,20	1,82	21,65	10,75	1,19	19,28	21,42	22,19
16			X1202	16,83	1,65	21,77	11,88		20,02	22,25	
17			X1203	16,85	1,57	21,55	12,15		20,05	22,28	
18			X1204	17,25	1,57	21,96	12,54		20,53	22,81	
19	<i>Swing grindig</i>	13	X1301	23,28	2,51	30,81	15,74	1,22	28,40	31,55	31,44
20			X1302	24,16	2,49	31,63	16,69		29,48	32,75	
21			X1303	22,31	2,23	29,01	15,61		27,22	30,24	
22			X1304	23,04	2,52	30,59	15,48		28,11	31,23	
23	<i>MPI 1 (hand grinding)</i>	14	X1401	23,55	1,92	29,32	17,78	1,21	28,50	31,66	30,33
24			X1402	21,60	2,26	28,37	14,82		26,13	29,03	
25			X1403	22,00	2,49	29,47	14,53		26,62	29,58	
26			X1404	22,69	2,20	29,28	16,09		27,45	30,50	
27			X1405	22,43	2,48	29,88	14,99		27,14	30,16	
28			X1406	21,40	2,05	27,54	15,26		25,89	28,77	
29			X1407	22,90	2,56	30,59	15,21		27,71	30,78	
30			X1408	23,70	1,61	28,52	18,88		28,68	31,86	
31			X1409	22,77	2,37	29,89	15,65		27,55	30,62	
32			X1410	22,55	2,57	30,25	14,85		27,29	30,32	
33	<i>Heat treatment</i>	15	X1501	767,05	41,09	890,33	643,77	1,05	805,40	894,89	911,05
34			X1502	794,75	45,09	930,01	659,49		834,49	927,21	
35	<i>Shot blast 2</i>	19	X1901	24,73	1,68	29,77	19,68	1,11	27,44	30,49	30,86
36			X1902	25,19	1,35	29,25	21,12		27,96	31,06	
37			X1903	25,16	2,18	31,70	18,62		27,93	31,03	

Lampiran 4. Data perhitungan waktu proses pengerjaan *bolster* (lanjutan)

NO.	Nama Proses	No. Proses	Var.	X	Sd	BA	BB	Rf	WN	WB	Rata-rata
38	<i>MPI 2 (repair)</i>	20	X2001	30,70	2,23	37,38	24,02	1,21	37,15	41,27	40,31
39			X2002	29,73	2,09	36,00	23,45		35,97	39,96	
40			X2003	30,33	2,10	36,61	24,04		36,69	40,77	
41			X2004	29,34	2,88	37,98	20,70		35,50	39,44	
42			X2005	29,88	2,81	38,31	21,44		36,15	40,17	
43			X2006	29,91	2,18	36,44	23,39		36,19	40,22	
44	<i>Machining</i>	21	X2101	180,50	11,50	215,00	146,00	1,24	223,82	248,69	247,66
45			X2102	183,95	12,18	220,50	147,40		228,10	253,44	
46			X2103	175,35	12,02	211,41	139,29		217,43	241,59	
47			X2104	176,10	15,47	222,52	129,68		218,36	242,63	
48			X2105	182,35	17,12	233,71	130,99		226,11	251,24	
49			X2106	176,25	14,53	219,84	132,66		218,55	242,83	
50			X2107	179,50	12,45	216,85	142,15		222,58	247,31	
51			X2108	182,05	14,15	224,49	139,61		225,74	250,82	
52			X2109	177,00	12,44	214,31	139,69		219,48	243,87	
53			X2110	182,70	15,75	229,95	135,45		226,55	251,72	
54			X2111	182,40	13,18	221,93	142,87		226,18	251,31	
55			X2112	179,60	14,24	222,31	136,89		222,70	247,45	
56			X2113	179,10	12,85	217,65	140,55		222,08	246,76	
57			X2114	181,95	12,05	218,09	145,81		225,62	250,69	
58			X2115	177,55	11,39	211,73	143,37		220,16	244,62	
59	<i>Jig & QC</i>	22	X2201	34,33	3,06	43,50	25,15	1,22	41,88	46,53	47,55
60			X2202	35,83	2,77	44,14	27,51		43,71	48,56	
61	<i>Assembling component</i>	24	X2401	51,03	4,76	65,32	36,73	1,19	60,72	67,47	67,50
62			X2402	50,76	3,70	61,86	39,66		60,41	67,12	
63			X2403	50,96	3,93	62,74	39,18		60,65	67,38	
64			X2404	51,45	3,17	60,96	41,94		61,23	68,03	
65	<i>Inspection size</i>	26	X2601	11,96	1,32	15,91	8,01	1,19	14,24	15,82	15,82
66	<i>Painting</i>	29	X2901	0,97	0,11	1,29	0,65	1,16	1,12	1,25	1,39
67			X2902	1,18	0,13	1,56	0,81		1,37	1,52	
68	<i>Packing</i>	30	X3001	11,74	1,27	15,55	7,94	1,18	13,86	15,40	15,35
69			X3002	11,67	1,31	15,61	7,73		13,77	15,30	

Lampiran 5. Data *performance rating* masing - masing proses pembuatan *bogie carset*

No.	Nama Proses	Rating factor				TOTAL	R
		Skill	Effort	Condition	Consistency		
1	<i>Pouring</i>	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16	1,16
2	<i>Cooling</i>	0,03	0,02	0,02	0,01	0,08	1,08
3	<i>Shake Out</i>	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14	1,14
4	<i>Shot Blast 1</i>	0,06	0,08	0,02	0,01	0,17	1,17
5	<i>Potong (fettling)</i>	0,08	0,10	0,00	0,01	0,19	1,19
6	<i>Swing grinding</i>	0,11	0,10	0,00	0,01	0,22	1,22
7	<i>MPI 1 (Hand grinding)</i>	0,11	0,08	0,02	0,00	0,21	1,21
8	<i>Heat treatment</i>	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05	1,05
9	<i>Shot Blast 2</i>	0,06	0,05	0,00	0,00	0,11	1,11
10	<i>MPI 2 (Repair)</i>	0,08	0,10	0,02	0,01	0,21	1,21
11	<i>Machining bolster only</i>	0,11	0,10	0,02	0,01	0,24	1,24
12	<i>Jig + QC</i>	0,11	0,10	0,00	0,01	0,22	1,22
13	<i>Assembling (Component application)</i>	0,08	0,08	0,02	0,01	0,19	1,19
14	<i>Inspection Size</i>	0,11	0,05	0,02	0,01	0,19	1,19
15	<i>Painting</i>	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16	1,16
16	<i>Packing</i>	0,08	0,05	0,04	0,01	0,18	1,18

SKILL				EFFORT			
+	0,15	A1	Super Skill	+	0,13	A1	Super Skill
+	0,13	A2		+	0,12	A2	
+	0,11	B1	Excelent	+	0,10	B1	Excelent
+	0,08	B2		+	0,08	B2	
+	0,06	C1	Good	+	0,05	C1	Good
+	0,03	C2		+	0,02	C2	
	0,00	D	Average		0,00	D	Average
-	0,05	E1	Fair	-	0,04	E1	Fair
-	0,10	E2		-	0,08	E2	
-	0,16	F1	Poor	-	0,12	F1	Poor
-	0,22	F2		-	0,17	F2	
CONDITION				CONSISTENCY			
+	0,06	A	Ideal	+	0,04	A	Ideal
+	0,04	B	Excelent	+	0,03	B	Excelent
+	0,02	C	Good	+	0,01	C	Good
	0,00	D	Average		0,00	D	Average
-	0,03	E	Fair	-	0,02	E	Fair
-	0,07	F	Poor	-	0,04	F	Poor

Global optimal solution found.
Objective value: 1679.190
Objective bound: 1679.190
Infeasibilities: 0.000000
Extended solver steps: 0
Total solver iterations: 0
Elapsed runtime seconds: 0.70

Model Class: PILP

Total variables: 58
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 58

Total constraints: 72
Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 435
Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X0101	1.000000	197.8400
X0102	0.000000	214.4100
X0103	0.000000	201.3900
X0201	0.000000	277.2000
X0202	1.000000	267.3600
X0203	0.000000	276.7200
X0301	0.000000	16.50000
X0302	0.000000	16.32000
X0303	0.000000	15.79000
X0304	0.000000	16.21000
X0305	0.000000	16.77000
X0306	1.000000	15.64000
X0401	0.000000	38.55000
X0402	1.000000	38.09000
X0501	0.000000	19.04000
X0502	0.000000	18.79000
X0503	0.000000	19.16000
X0504	1.000000	18.55000
X0601	1.000000	24.13000
X0602	0.000000	27.81000
X0603	0.000000	24.86000
X0604	0.000000	25.04000
X0701	0.000000	27.29000
X0702	0.000000	27.09000
X0703	0.000000	27.46000
X0704	0.000000	27.81000
X0705	0.000000	26.52000
X0706	0.000000	28.27000
X0707	0.000000	27.25000
X0708	0.000000	26.62000
X0709	0.000000	26.33000
X0710	0.000000	26.96000
X0711	0.000000	26.94000
X0712	1.000000	26.21000
X0713	0.000000	26.96000
X0714	0.000000	26.79000
X0715	0.000000	26.50000
X0716	0.000000	26.24000
X1501	1.000000	905.8600
X1502	0.000000	913.6800
X1601	1.000000	29.32000
X1602	0.000000	29.42000
X1603	0.000000	30.37000
X1701	1.000000	37.04000
X1702	0.000000	38.66000

X1703	0.000000	37.76000
X1704	0.000000	38.81000
X1705	0.000000	38.25000
X1801	1.000000	40.36000
X1802	0.000000	40.95000
X2301	0.000000	61.71000
X2302	0.000000	61.42000
X2303	1.000000	60.77000
X2304	0.000000	61.88000
X2501	1.000000	0.000000
X2701	1.000000	1.250000
X2702	0.000000	1.250000
X2801	1.000000	8.640000
X2802	0.000000	8.730000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1679.190	-1.000000
2	25.81000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-8.130000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	1.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	1.000000	0.000000
21	1.000000	0.000000
22	1.000000	0.000000
23	1.000000	0.000000
24	1.000000	0.000000
25	1.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	1.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	1.000000	0.000000
30	1.000000	0.000000
31	1.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	1.000000	0.000000
35	1.000000	0.000000
36	1.000000	0.000000
37	1.000000	0.000000
38	1.000000	0.000000
39	1.000000	0.000000
40	1.000000	0.000000
41	1.000000	0.000000
42	1.000000	0.000000
43	1.000000	0.000000
44	1.000000	0.000000
45	1.000000	0.000000
46	1.000000	0.000000
47	1.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	1.000000	0.000000
50	1.000000	0.000000
51	1.000000	0.000000
52	1.000000	0.000000

53	0.000000	0.000000
54	1.000000	0.000000
55	0.000000	0.000000
56	1.000000	0.000000
57	1.000000	0.000000
58	0.000000	0.000000
59	1.000000	0.000000
60	1.000000	0.000000
61	1.000000	0.000000
62	1.000000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	1.000000	0.000000
65	1.000000	0.000000
66	1.000000	0.000000
67	0.000000	0.000000
68	1.000000	0.000000
69	0.000000	0.000000
70	0.000000	0.000000
71	1.000000	0.000000
72	0.000000	0.000000
73	1.000000	0.000000

Global optimal solution found.
 Objective value: 1964.100
 Objective bound: 1964.100
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 0
 Elapsed runtime seconds: 0.06

Model Class: MILP

Total variables: 68
 Nonlinear variables: 0
 Integer variables: 68

Total constraints: 83
 Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 552
 Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X0801	0.000000	198.8100
X0802	1.000000	197.2000
X0803	0.000000	201.7100
X0901	0.000000	274.8000
X0902	1.000000	270.9600
X0903	0.000000	276.9600
X1001	1.000000	21.15000
X1002	0.000000	21.76000
X1003	0.000000	21.53000
X1004	0.000000	21.79000
X1005	0.000000	21.19000
X1006	0.000000	22.42000
X1101	1.000000	41.93000
X1102	0.000000	42.38000
X1201	1.000000	21.42000
X1202	0.000000	22.25000
X1203	0.000000	22.28000
X1204	0.000000	22.81000
X1301	0.000000	31.55000
X1302	0.000000	32.75000
X1303	1.000000	30.24000
X1304	0.000000	31.23000
X1401	0.000000	31.66240
X1402	0.000000	29.03000
X1403	0.000000	29.58000
X1404	0.000000	30.50000
X1405	0.000000	30.16000
X1406	1.000000	28.77000
X1407	0.000000	30.78000
X1408	0.000000	31.86000
X1409	0.000000	30.62000
X1410	0.000000	30.32000
X1501	1.000000	894.8900
X1502	0.000000	927.2100
X1901	1.000000	30.49000
X1902	0.000000	31.06000
X1903	0.000000	31.03000
X2001	0.000000	41.27000
X2002	0.000000	39.96000
X2003	0.000000	40.77000
X2004	1.000000	39.44000
X2005	0.000000	40.17000
X2006	0.000000	40.22000
X2101	0.000000	248.6900
X2102	0.000000	253.4400

X2103	1.000000	241.5900
X2104	0.000000	242.6300
X2105	0.000000	251.2400
X2106	0.000000	242.8300
X2107	0.000000	247.3100
X2108	0.000000	250.8200
X2109	0.000000	243.8700
X2110	0.000000	251.7200
X2111	0.000000	251.3100
X2112	0.000000	247.4500
X2113	0.000000	246.7600
X2114	0.000000	250.6900
X2115	0.000000	244.6200
X2201	1.000000	46.53000
X2202	0.000000	48.56000
X2401	0.000000	67.47000
X2402	1.000000	67.12000
X2403	0.000000	67.38000
X2404	0.000000	68.03000
X2601	1.000000	0.000000
X2901	1.000000	1.250000
X2902	0.000000	1.520000
X3001	0.000000	15.40000
X3002	1.000000	15.30000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1964.100	-1.000000
2	1745.900	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	-15.82000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	1.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	1.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	1.000000	0.000000
24	1.000000	0.000000
25	1.000000	0.000000
26	1.000000	0.000000
27	1.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	1.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	1.000000	0.000000
32	1.000000	0.000000
33	1.000000	0.000000
34	1.000000	0.000000
35	1.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	1.000000	0.000000
38	1.000000	0.000000
39	1.000000	0.000000
40	1.000000	0.000000
41	1.000000	0.000000
42	1.000000	0.000000

43	0.000000	0.000000
44	1.000000	0.000000
45	1.000000	0.000000
46	1.000000	0.000000
47	1.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	1.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	1.000000	0.000000
52	1.000000	0.000000
53	1.000000	0.000000
54	1.000000	0.000000
55	1.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	1.000000	0.000000
58	1.000000	0.000000
59	1.000000	0.000000
60	1.000000	0.000000
61	0.000000	0.000000
62	1.000000	0.000000
63	1.000000	0.000000
64	1.000000	0.000000
65	1.000000	0.000000
66	1.000000	0.000000
67	1.000000	0.000000
68	1.000000	0.000000
69	1.000000	0.000000
70	1.000000	0.000000
71	1.000000	0.000000
72	1.000000	0.000000
73	1.000000	0.000000
74	0.000000	0.000000
75	1.000000	0.000000
76	1.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	1.000000	0.000000
79	1.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	1.000000	0.000000
83	1.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000

Global optimal solution found.
Objective value: 49.000000
Objective bound: 49.000000
Infeasibilities: 0.000000
Extended solver steps: 0
Total solver iterations: 0
Elapsed runtime seconds: 0.08

Model Class: PILP

Total variables: 15
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 15

Total constraints: 30
Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 44
Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X28	49.000000	-1.000000
X01	49.000000	0.000000
X02	49.000000	0.000000
X03	49.000000	0.000000
X04	49.000000	0.000000
X05	49.000000	0.000000
X06	49.000000	0.000000
X07	49.000000	0.000000
X15	49.000000	0.000000
X16	49.000000	0.000000
X17	49.000000	0.000000
X18	49.000000	0.000000
X23	49.000000	0.000000
X25	49.000000	0.000000
X27	49.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	49.000000	1.000000
2	57.05000	0.000000
3	6745.760	0.000000
4	6405.710	0.000000
5	2922.320	0.000000
6	3874.880	0.000000
7	3552.460	0.000000
8	3479.450	0.000000
9	15901.27	0.000000
10	5744.700	0.000000
11	1733.100	0.000000
12	1607.660	0.000000
13	588.9500	0.000000
14	2001.630	0.000000
15	2338.260	0.000000
16	1974.680	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000

29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000

Global optimal solution found.

Objective value: 29.000000
 Objective bound: 29.000000
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 0
 Elapsed runtime seconds: 0.06

Model Class: MILP

Total variables: 16
 Nonlinear variables: 0
 Integer variables: 16

Total constraints: 32
 Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 47
 Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X30	29.000000	-1.000000
X08	50.000000	0.000000
X09	36.000000	0.000000
X10	36.000000	0.000000
X11	36.000000	0.000000
X12	36.000000	0.000000
X13	36.000000	0.000000
X14	33.000000	0.000000
X15	33.000000	0.000000
X19	33.000000	0.000000
X20	29.000000	0.000000
X21	29.000000	0.000000
X22	29.000000	0.000000
X24	29.000000	0.000000
X26	29.000000	0.000000
X29	29.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	29.000000	1.000000
2	118.0000	0.000000
3	207.3600	0.000000
4	6420.960	0.000000
5	3282.600	0.000000
6	4001.160	0.000000
7	3668.160	0.000000
8	3799.110	0.000000
9	175.3500	0.000000
10	6181.620	0.000000
11	2431.010	0.000000
12	17.86000	0.000000
13	2221.050	0.000000
14	1642.500	0.000000
15	1941.220	0.000000
16	2359.690	0.000000
17	1954.850	0.000000
18	14.00000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	3.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	4.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000

28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000



Muhammad Zainuddin Fathoni dilahirkan di Gresik pada tanggal 17 September 1983. Penulis menempuh pendidikan menengah pertama di MTs Tarbiyatuth Tholabah Kranji Paciran Lamongan pada tahun 1998, dilanjutkan dengan pendidikan menengah atas di MA Assa'adah Bungah Gresik dan menyelesaikannya pada tahun 2001. Tahun 2007 penulis menyelesaikan pendidikan Strata I jurusan Teknik Industri di Universitas Wijaya Putra Surabaya. Dengan ilmu yang diperoleh dari perkuliahan, pada tahun 2007, Penulis berkarir hingga sebagai *senior sales manager* di PT. Global Jaya Teknik Surabaya sampai dengan saat ini. Penulis melanjutkan pendidikan di Magister Manajemen Teknologi ITS di Surabaya pada Tahun 2015. Bidang keahlian yang didalami adalah Manajemen Industri untuk mengembangkan kemampuan sesuai dengan bidang pekerjaan yang digeluti. Tesis yang berjudul **“Aplikasi *integer programming* untuk optimasi *line balancing* sebagai fungsi *output* pada industri pembuatan *bogie carset*”** telah diselesaikan dalam satu semester sebagai syarat akhir kelulusan pendidikan Strata 2.